ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Διπλωματική Εργασία

Η ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVTEX

Μπαζίνης Θεόδωρος

Επιβλέπων Καθηγητής: Χρήστος Βαζούρας

Πειραιάς

Απρίλιος 2026

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

ΣΕΛΙΔΑ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

«Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΕΔιΕ του ΔΠΜΣ σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του ΔΠΜΣ «Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία».

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:
- ΜΕΛΟΣ Α': Δρ Χρήστος Βαζούρας
- ΜΕΛΟΣ Β': Δρ Φαφαλιός Μιχαήλ
- ΜΕΛΟΣ Γ': Δρ Μπολάκης Χρήστος

Η έγκριση της Διπλωματική Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους εκείνους που συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της.

Πρωτίστως, εκφράζω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Χρήστο Βαζούρα, για την πολύτιμη καθοδήγηση, την εμπιστοσύνη και την υπομονή που επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας, καθώς επίσης στα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής.

Ιδιαίτερη μνεία οφείλω στο συμφοιτητή μου Αντώνιο Πεφάνη για τη συνεργασία μας καθ'όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών, τις πολύτιμες συμβουλές του και την υποστήριξή του και κυρίως την παρέα του.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου στη σύζυγό μου Παρασκευή και στον υιό μου Κωνσταντίνο για την αμέριστη συμπαράσταση, την ηθική στήριξη, την ανοχή στις ώρες απουσίας μου που αποτέλεσαν το θεμέλιο και προϋπόθεση για να ολοκληρώσω αυτή την προσπάθεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ασφάλεια της ναυτιλίας και των ναυτιλιακών ροών, αποτελεί σημαντικό μέρος της θαλάσσιας ασφάλειας, η οποία συνιστά απαραίτητη προϋπόθεση για τη διεξαγωγή του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου. Αντικείμενο της αποτελεί η διασφάλιση της προστασίας των ανθρώπινων ζωών, των πλοίων και του περιβάλλοντος σε όλους τους ωκεανούς και τις θαλάσσιες οδούς του πλανήτη. Ένα κρίσιμο στοιχείο για την προστασία των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων είναι το Παγκόσμιο Σύστημα Ναυτικής Αρωγής και Ασφάλειας (GMDSS), το οποίο επιτρέπει την αποτελεσματική επικοινωνία και ανταπόκριση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης στη θάλασσα, αλλά και τη μετάδοση προειδοποιήσεων κινδύνου.

Το NAVTEX, αποτελεί μέρος του GMDSS, και είναι μια διεθνής αυτοματοποιημένη υπηρεσία άμεσης εκτύπωσης για τη διάδοση πληροφοριών ναυτικής ασφάλειας (MSI), προειδοποιήσεων πλοήγησης και μετεωρολογικών προειδοποιήσεων, μετεωρολογικών προγνώσεων και άλλων επειγόντων μηνυμάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια των πλοίων. Οι πληροφορίες που μεταδίδονται μπορεί να αφορούν πλοία όλων των μεγεθών και τύπων. Το NAVTEX διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στο Παγκόσμιο Σύστημα Ναυτικής Απειλής και Ασφάλειας (GMDSS).

Παρά την υψηλή σημασία και αξία του, το GMDSS δεν έχει εξελιχθεί τεχνολογικά από την εισαγωγή του το 1999. Αυτή η εξάρτηση από ξεπερασμένη τεχνολογία (obsolete) δημιουργεί λειτουργικές προκλήσεις, ιδιαίτερα για τους αξιωματικούς καταστρώματος που αντιμετωπίζουν υψηλό σωματικό και πνευματικό φόρτο εργασίας κατά τη χρήση του υφιστάμενου πολύπλοκου και απαρχαιωμένου εξοπλισμού του GMDSS.

Αποτέλεσμα των διεργασιών για τη μετεξέλιξη των ναυτιλιακών εφαρμογών υπήρξε η δημιουργία του προτύπου S-100, το οποίο στοχεύει στην ψηφιοποίηση των συστημάτων ναυτιλιακών πληροφοριακών εφαρμογών και υπηρεσιών, οι οποίες θα επιτρέπουν την εκμετάλλευση και ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων μεταξύ των ναυτιλιακών συστημάτων. Το NAVDAT αποτελεί τον «ψηφιακό δίαυλο» μέσω του οποίου η πληροφορία η οποία δομείται με βάση το πρότυπο S-124 λαμβάνεται από τα συστήματα του πλοίου. Τα πλεονεκτήματα του NAVDAT έναντι του υφιστάμενου συστήματος NAVTEX, εντοπίζονται στη:

α. Μεγαλύτερη αξιοπιστία (data encryption).

β. Μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης (περίπου 100 φορές μεγαλύτερη από το NAVTEX). Υψηλότερη χωρητικότητα δεδομένων και συνεπώς δυνατότητα μετάδοσης μεγαλύτερου όγκου πληροφορίας.

γ. Δυνατότητα υποστήριξης / μετάδοσης αρχείων multimedia και συνεπώς το μήνυμα είναι πιο εύληπτο, κατανοητό και άμεσα επεξεργάσιμο. Μέχρι σήμερα η πληροφορία μέσω NAVTEX λαμβανόταν με το μήνυμα που εμφανίζεται στην αριστερή εικόνα και στη συνέχεια το προσωπικό της Γέφυρας κατέγραφε τις συντεταγμένες του μηνύματος στο χάρτη. Σήμερα η απεικόνιση γίνεται αυτόματα και εμφανίζεται στην οθόνη του συστήματος ηλεκτρονικών χαρτών.

Λέξεις Κλειδιά: NAVTEX, NAVDAT, GMDSS, e-NAVIGATION

Summary

The safety of shipping and maritime traffic is a vital component of maritime safety, which is an essential prerequisite for the conduct of global maritime trade. Its purpose is to ensure the protection of human lives, ships, and the environment across all the world's oceans and sea lanes. A critical element for the protection of maritime activities is the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS), which enables effective communication and response to emergencies at sea, as well as the transmission of hazard warnings.
NAVTEX is part of the GMDSS and is an international automated direct-printing service for the dissemination of maritime safety information (MSI), navigational warnings, and meteorological warnings, weather forecasts, and other urgent messages related to ship safety. The information transmitted may concern ships of all sizes and types. NAVTEX plays an essential role in the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS).

Despite its great importance and value, the GMDSS has not evolved technologically since its introduction in 1999. This reliance on obsolete technology creates operational challenges, particularly for deck officers who face a high physical and mental workload when using the existing complex and outdated GMDSS equipment.
The evolution of maritime applications has led to the creation of the S-100 standard, which aims to digitize maritime information systems and services, enabling the use and exchange of digital data between maritime systems. NAVDAT serves as the "digital channel" through which information structured according to the S-124 standard is received by shipboard systems. The advantages of NAVDAT over the existing NAVTEX system lie in:

a. Greater reliability (data encryption).
b. Faster transmission speed (approximately 100 times faster than NAVTEX). Higher data capacity and, consequently, the ability to transmit a larger volume of information.
c. Ability to support/transmit multimedia files, making the message more accessible, understandable, and immediately actionable. Until now, information via NAVTEX was received as shown in the image on the left, and then the bridge crew would plot the message's coordinates on the chart. Today, the image is generated automatically and displayed on the electronic map system's screen.

Keywords: NAVTEX, NAVDAT, GMDSS, e-NAVIGATION

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ο ΔΙΕΘΝΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟ GMDSS 1
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ 1
1.2 Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ GMDSS……1
1.2.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ GMDSS 4
1.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ 5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 7
2.1 ΖΩΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ITU 7
2.2 MF ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ NAVTEX ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ 7
2.3 HF ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ NAVTEX ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ . 10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ NAVTEX ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ..... 12
3.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ MSI μέσω ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ ΚΑΙ MF, HF 12
3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ NAVTEX – ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ 12
3.3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (MSC, 2016) 14
3.4 ΔΟΜΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ..... 15
3.5 ΤΥΠΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ (MESSAGE FORMAT) 16
3.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ..... 17
3.7 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (MSC, 2016) 18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗΣ..... 20
4.1 Η ΑΝΑΓΚΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ 20
4.2 Η ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑ e-NAVIGATION 21
4.3 Η ΣΧΕΣΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ GMDSS και E-NAVIGATION..... 22
4.4 Η ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ NAVTEX 23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΟΥ S100 25
5.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ S100..... 25
5.2 ΤΙ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΟ S100..... 25
5.3 ΤΙ ΑΛΛΑΖΕΙ ΣΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ..... 27
5.4 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ S-124 ΚΑΙ ΤΟ NAVDAT 28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ S-124..... 31
6.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ……31
6.2 Η ΑΝΑΓΚΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ 32
6.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΩΝ ΒΑΣΕΙ S-124 33
6.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 38

6.5 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ 29
Κεφάλαιο 7 – NAVDAT 40
7.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ 40
7.2 ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 41
7.3 ΜΕΤΑΔΟΣΗ 45
7.3.1 ΑΛΥΣΙΔΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ 46
7.3.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΣΕ OFDM 46
7.4 ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 47
7.5 ΔΕΚΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVDAT 48
7.5.1 ΤΜΗΜΑ RF 48
7.5.2 ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ (*digital part)* 49
7.6 ΠΟΜΠΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVDAT 49
7.7 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ 50
7.8 NAVDAT MESSAGE FORMAT 51
7.9 ΤΥΠΟΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ 52
Κεφάλαιο 8 – ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ 55
8.1 ΜΠΟΡΕΙ ΕΝΑΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΠΟΜΠΟΥΣ ΝΑ ΜΕΤΑΔΙΔΕΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΣΕ NAVTEX ΚΑΙ NAVDAT; 55
8.2 ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ TIME FRAME ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ NAVTEX – NAVDAT; 55
8.3 ΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΙ ΔΕΚΤΕΣ NAVTEX ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΛΑΜΜΒΑΝΟΥΝ ΜΗΝΥΜΑΤΑ NAVDAT 55
8.4 ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ NAVTEX ΣΤΟ NAVDAT;. 55
8.5 ΜΠΟΡΕΙ ΕΝΑΣ ΠΟΜΠΟΣ 1KW 5KW NAVTEX ΝΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΘΕΙ ΑΠΟ ΙΔΙΑΣΙΣΥΟΣ ΠΟΜΠΟ NAVDAT; 56
8.6 ΑΠΟ ΤΙ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ; 57
8.7 ΜΠΟΡΩ ΝΑ ΠΕΤΥΧΩ ΠΑΡΟΜΟΙΕΣ ΕΜΒΕΛΕΙΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝΓΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗ NAVDAT; 57
8.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ NAVTEX – NAVDAT (με υφιστάμενες συσκευές) 58
8.9 ΘΑ ΕΙΝΑΙ ΑΜΕΣΗ Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ; 59
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α 66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β 68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ 69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ 70

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε..... 71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ……...73

ΠΙΝΑΚΕΣ – ΕΙΚΟΝΕΣ- ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

#1	Περιοχές κάλυψης	5
#2	Διάδοση ραδιοκυμάτων MF	7
#3	Δομή υπηρεσιών NAVTEX	11
#4	Standard format of NAVTEX message	14
#5	Elements of NAVTEX message	14
#6	S100	21
#7	S100 Επίπεδα πληροφορίας	22
#8	Ανάπτυξη προτύπου S100	23
#9	Δέκτης NAVDAT	24
#10	Απεικόνιση προειδοποιήσεων NAVDAT	25
#11	Navigation Warning	27
#12	Metadata	28
#13	Metadata NAVDAT	30
#14	Μελλοντική Δομή του Information Service NAVDAT	31
#15	Γενικά Χαρακτηριστικά NAVDAT	32
#16	OFDM parameter values	33
#17	Κανάλια Μετάδοσης	34
#18	Σχέση εύρους φάσματος και OFDM	34
#19	NAVTEX vs NAVDAT	34
#20	Σύστημα Πομπού – Δέκτη	37
#21	Γραμμικός και μη γραμμικός RF Amplifier	38
#22	Αποστάσεις Μετάδοσης	39
#23	NAVDAT ψηφιακή μετάδοση	40
#24	Data frame structure	40
#25	Πληροφορίες	41
#26	Φάσμα NAVTEX - NAVDAT	43
#27	NAVDAT Tx	43
#28	παράμετροι για δεδομένοι ισχύ	45
#29	Απεικόνιση	46
#30	Trade off	47
#31	Χαρακτηριστικά ραδιοσυχνοτήτων	52
#32	NAVTEX AREAS	54
#33	ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ DATA RATE ΩΣ ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ	55
#34	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΚΤΩΝ NAVTEX	56
#35	NAVDAT ARCHITECTURE	57
#36	ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ GMDSS ΤΟ 2030	58

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ NAVTEX 11

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AIS	Automatic Identification System
DSC	Digital Selective Calling
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
EGC	Enhanced Group Call
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GML	Geography Markup Language
HF	High Frequency
IOC	Intergovernmental Oceanographic Committee
IMO	International Maritime Organization
ITU	International Telecommunication Union
MF	Medium Frequency
MSC	Maritime Safety Committee
MSI	Maritime Safety Information
NAVDAT	Navigational Data
NAVTEX	Navigational Telex
NBDP	Narrow Band Direct Printing
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
SAR	Search and Rescue
SART	Search and Rescue Transponder
SOLAS	Safety of Life at Sea
VDES	VHF Data Exchange System
VHF	Very High Frequency
WMO	World Meteorological Organization
WWNWS	World-Wide Navigational Warning Service
XML	Extensible Markup Language

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ο ΔΙΕΘΝΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟ GMDSS[1]

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η έννοια της θαλάσσιας ασφάλειας εστιάζει στην ασφάλεια της ναυτιλίας και των ναυτιλιακών ροών, και η διασφάλισή της αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη διεξαγωγή του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου. Αντικειμενικό της σκοπό αποτελεί η διασφάλιση της προστασίας των ανθρώπινων ζωών, των πλοίων και του περιβάλλοντος σε όλους τους ωκεανούς και τις θαλάσσιες οδούς του πλανήτη. Ένα κρίσιμο στοιχείο, το οποίο συμβάλλει στην προστασία των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων είναι το Παγκόσμιο Σύστημα Ναυτικής Αρωγής και Ασφάλειας (GMDSS), μια τεχνολογία που επιτρέπει την αποτελεσματική επικοινωνία και ανταπόκριση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης στη θάλασσα, αλλά και την μετάδοση ναυτιλιακών προειδοποιήσεων σχετικών με την ασφάλεια (Λυμπέρης & Ταμπακάκης, 2017).

Κατά τη διάρκεια του 18ου αιώνα τα πλοία σε διεθνή και παράκτια ύδατα, χρησιμοποιούσαν τον κώδικα Μορς (που εφευρέθηκε από τον Σάμιουελ Μορς και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1844), προκειμένου να εκπέμψουν οποιουδήποτε είδους σήμα κινδύνου σε μια παράκτια αρχή ή σε άλλα πλοία που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση.

Από την εφεύρεση του ραδιοφώνου στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, τα πλοία στη θάλασσα εξακολούθησαν να βασίζονταν στον κώδικα Μορς για τις τηλεπικοινωνίες κινδύνου και ασφάλειας. Ωστόσο, μετά τη βύθιση του σκάφους RMS Τιτανικός στο Βόρειο Ατλαντικό το 1912, αναδύθηκε η ανάγκη χρησιμοποίησης ραδιοτηλεγραφικού εξοπλισμού, προκειμένου τα πλοία να επικοινωνούν με κοινή ραδιοσυχνότητα για κωδικοποιημένες κλήσεις κινδύνου Morse με τους παράκτιους ραδιοφωνικούς σταθμούς (Λυμπέρης & Ταμπακάκης, 2017).

1.2 Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ GMDSS

Μετά το ΒΠΠ, το 1948, με σκοπό την ασφάλεια της ναυτιλίας, ιδρύθηκε ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization-IMO). Ο IMO αποτελεί εξειδικευμένη υπηρεσία του ΟΗΕ με αρμοδιότητα την εξασφάλιση της ασφάλειας της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα με τη θέσπιση ομοιόμορφων κανόνων δικαίου, μέσω των οποίων θα προάγεται η ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, η παροχή βοήθειας σε πλοία ή άτομα τα οποία κινδυνεύουν, αλλά

[1] Global Maritime Distress and Safety System.

και η αποτροπή της θαλάσσιας ρύπανσης (Sulakshana, 2024).

Η γέννηση του GMDSS μπορεί να αναχθεί στη δεκαετία του 1970, όταν αναγνωρίστηκε η ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο και ενοποιημένο σύστημα θαλάσσιας έρευνας και διάσωσης (SAR). Μέχρι τότε, οι σχετικές διαδικασίες για τη διάσωση στη θάλασσα είχαν αλλάξει ελάχιστα σε σχέση με την εποχή του Τιτανικού (Blakemore, 2020). Τα πλοία που βρισκόταν σε κίνδυνο είχαν περιορισμένες επιλογές, εξέπεμπαν σήματα κινδύνου ή εκτόξευαν φωτοβολίδες ελπίζοντας ότι κάποιο κοντινό σκάφος θα ανταποκρινόταν.

Το 1979 αποτέλεσε ορόσημο για τη ναυτιλιακή κοινότητα, όταν υιοθετήθηκε η Διεθνής Σύμβαση για τη Ναυτική Έρευνα και Διάσωση (SAR 79). Το ψήφισμα 6 της σύμβασης αυτής πρόκρινε την ανάπτυξη ενός παγκόσμιου συστήματος κινδύνου και ασφάλειας στη θάλασσα, το οποίο θα προετοιμαζόταν από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) και θα υιοθετούνταν αργότερα από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) το 1997[2] (Sulakshana, 2024).

Συγκεκριμένα, το 1979, ο IMO, υπό τη Διεθνή Σύμβαση για την Έρευνα και Διάσωση στη Θάλασσα (International Convention on Maritime Search and Rescue), εκπόνησε ένα στρατηγικό σχέδιο μέσω του οποίου θα εξασφαλιζόταν η διεθνής συνεργασία για περιπτώσεις κινδύνου στη θάλασσα καθώς και έρευνας-διάσωσης. Από την παραπάνω διαδικασία διαμορφώθηκε η απαίτηση για τη δημιουργία του Παγκόσμιου Ναυτιλιακού Συστήματος Κινδύνου και Ασφάλειας (Global Maritime Distress and Safety System-GMDSS), με το οποίο θα ρυθμίζονταν τα ζητήματα επικοινωνιών έρευνας και διάσωσης και κινδύνου με τελική στόχευση την αποτελεσματικότερη προστασία της ανθρώπινης ζωής αλλά και του εμπορίου (IMO, 1979).

Η καθιέρωση του GMDSS, αποτέλεσε μια σημαντική πρόοδο στην ασφάλεια στη θάλασσα και την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, καθώς η ναυτιλιακή κοινότητα μετέβη από το σήμα SOS το οποίο βασιζόταν στη τηλεγραφία και το σύστημα Μορς (Morse code) στις σύγχρονες (για την εποχή) επικοινωνιακές υποδομές οι οποίες εδράζονταν σε επίγεια ηλεκτρομαγνητικά ραδιοσήματα μέσω επίγειων και δορυφορικών σταθμών. Συνεπώς, η ανάπτυξη και η εφαρμογή του αποτέλεσε ένα αξιοσημείωτο επίτευγμα.

Το 1988, η Διάσκεψη Ραδιοεπικοινωνιών υιοθέτησε, με το Κεφάλαιο Δ΄ της Διεθνούς Σύμβασης για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS), ένα χρονοδιάγραμμα

[2] «ΚΑΛΕΙ τον Διακυβερνητικό Ναυτιλιακό Συμβουλευτικό Οργανισμό να αναπτύξει ένα παγκόσμιο σύστημα ναυτικής κινδύνου και ασφάλειας που θα περιλαμβάνει διατάξεις τηλεπικοινωνιών για την αποτελεσματική λειτουργία του σχεδίου έρευνας και διάσωσης που ορίζεται στο παράρτημα της Διεθνούς Σύμβασης για την Ναυτική Έρευνα και Διάσωση» (IMO, 1979).

εφαρμογής του Παγκόσμιου Ναυτιλιακού Συστήματος Κινδύνου και Ασφάλειας. Ως ημερομηνία εφαρμογής καθορίστηκε η 1/2/1992 και ολοκλήρωση η 1/2/1999 (SOLAS regulation V/19.2.1.5).

Η έναρξη εφαρμογής του GMDSS, το 1992, αποτέλεσε τη μεγαλύτερη και πιο σημαντική αλλαγή στον τομέα της ασφάλειας των πλοίων, μετά από την ανακάλυψη του ασυρμάτου το 1899. Η σύγχρονη τεχνολογία η οποία ενσωματώνεται στο GMDSS περιλαμβάνει τις τεχνικές δορυφορικής επικοινωνίας και ψηφιακής κλήσης, προκειμένου ένα σήμα κινδύνου να μεταδίδεται και να λαμβάνεται αυτόματα σε μεγάλες αποστάσεις, χωρίς να επηρεάζεται (σημαντικά) από παρεμβολές (κάθε είδους όπως μετερολογικές ή ανθρωπογενείς). Το σύστημα παρέχει, επίσης, επείγουσες επικοινωνίες και ασφαλείας, διάδοση πληροφοριών ναυτικής ασφάλειας στις οποίες περιλαμβάνονται και οι μετεωρολογικές προειδοποιήσεις.

Εν τέλει το GMDSS τέθηκε σε πλήρη λειτουργία την 1^{η} Φεβρουαρίου 1999 και έκτοτε αποτελεί υποχρεωτικό εξοπλισμό για όλα τα πλοία (SOLAS 1974). Μέσω του GMDSS εξασφαλίζεται ότι κάθε πηγή κινδύνου στο θαλάσσιο περιβάλλον θα γνωστοποιείται άμεσα και θα λαμβάνει την κατάλληλη και απαραίτητη ανταπόκριση, ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής αλλά και των πλοίων (IMO, 1997).

Ο υποχρεωτικός εξοπλισμός τον οποίο απαιτεί το σύστημα GMDSS, εξαρτάται από την περιοχή πλεύσης. Τα πλοία που βρίσκονται σε παράκτιο περιβάλλον χρειάζονται ελάχιστο εξοπλισμό (πχ συσκευές επικοινωνίας VHF), ενώ τα πλοία που βρίσκονται μακρύτερα από την ξηρά, σε ωκεάνιες περιοχές, οφείλουν να είναι εξοπλισμένα με επιπλέον συστήματα (όπως συστήματα επικοινωνιών MF, HF ή δορυφορικά συστήματα πχ Inmarsat). Το GMDSS εισήγαγε επίσης απαιτήσεις για τον εξοπλισμό ασφαλείας, όπως πλωτοί ραδιοφάροι μετάδοσης σημάτων έκτακτης ανάγκης (EPIRB), οι οποίοι μεταδίδουν τη θέση ενός πλοίου ή ανθρώπου σε ανάγκη και αναμεταδότες θέσης με τεχνολογία ραντάρ (SART).

Συγκεκριμένα, το σύστημα GMDSS προβλέπει ότι κάθε πλοίο, οφείλει να διεκπεραιώνει τις ακόλουθες εννέα βασικές λειτουργίες επικοινωνίας (IMO, 1999):

1. Εκπομπή προειδοποιήσεων κινδύνου από πλοίο σε επίγειους σταθμούς (με τουλάχιστον δύο χωριστές και ανεξάρτητες μεθόδους).
2. Λήψη προειδοποιήσεων κινδύνου από ξηρά σε πλοίο,
3. Εκπομπή και λήψη προειδοποιήσεων κινδύνου από πλοίο σε πλοίο,
4. Εκπομπή και λήψη πληροφοριών για τον συντονισμό / συνεργασία έρευνας και διάσωσης,

5. Εκπομπή και λήψη επιτόπιων επικοινωνιών στο σημείο του συμβάντος,
6. Εκπομπή και λήψη σημάτων για εντοπισμό,
7. Εκπομπή και λήψη πληροφοριών για την ασφάλεια στη ναυτιλία/θάλασσα,
8. Εκπομπή και λήψη γενικών επικοινωνιών, και
9. Εκπομπή και λήψη επικοινωνιών από γέφυρας προς γέφυρα.

Με την πάροδο του χρόνου το GMDSS εξελίχθηκε από τους αρμόδιους οργανισμούς IMO και ITU, οι οποίοι βελτίωσαν συνεχώς τις υποδομές του. Το 2009, η Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) του IMO συμφώνησε να εξετάσει την αναθεώρηση και τον εκσυγχρονισμό των στοιχείων και των διαδικασιών του GMDSS, αναγνωρίζοντας την ανάγκη προσαρμογής στις μεταβαλλόμενες τεχνολογίες και μεθόδους επικοινωνίας (ITU, 2009).

1.2.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ GMDSS

Για τη λειτουργία του GMDSS, η υδρόγειος έχει χωρισθεί σε τέσσερις θαλάσσιες περιοχές, οι οποίες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

α. Η Θαλάσσια περιοχή A1 βρίσκεται κάτω από τη συνεχή ραδιοτηλεφωνική εμβέλεια ενός τουλάχιστον παράκτιου σταθμού πολύ υψηλής συχνότητας (VHF), που τηρεί συνεχή ακρόαση Ψηφιακής Επιλεκτικής Κλήσης (DSC). Η εμβέλεια εξαρτάται κυρίως από το ύψος της κεραίας του πομπού ξηράς. Αυτό σημαίνει ότι καλύπτει τα πλοία που βρίσκονται πλησίον ακτών.

β. Η Θαλάσσια περιοχή A2 βρίσκεται κάτω από τη συνεχή ραδιοτηλεφωνική εμβέλεια ενός τουλάχιστον παράκτιου σταθμού μεσαίας συχνότητας (MF), που τηρεί συνεχή ακρόαση Ψηφιακής Επιλεκτικής Κλήσης (DSC), εξαιρουμένης της περιοχής A1 που τυχόν αλληλοκαλύπτεται. Η εμβέλεια εξαρτάται από την ισχύ του πομπού αλλά και τις συνθήκες διάδοσης της περιοχής. Αυτό σημαίνει περιοχές πέραν της εμβέλειας VHF (πχ 50νμ έως 100νμ).

γ. Η Θαλάσσια περιοχή A3 περιλαμβάνει την περιοχή κάλυψης των γεωστατικών δορυφόρων του INMARSAT, με εξαίρεση τις περιοχές A1 και A2. Συγκεκριμένα, ως A3 προσδιορίζεται η περιοχή μεταξύ 76° βόρειου και 76° νότιου παράλληλου.

δ. Η Θαλάσσια περιοχή A4 περιλαμβάνει όλες τις υπόλοιπες περιοχές που βρίσκονται εκτός των ορίων κάλυψης των υπολοίπων περιοχών (A1, A2 και A3). Δηλαδή, περιλαμβάνει τις πολικές περιοχές (πέραν από τον 76° βόρειο και νότιο παράλληλο).

1.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Οι βασικές συσκευές που απαιτούνται για τους συναγερμούς κινδύνου, επείγοντος και ασφάλειας σε κάθε θαλάσσια περιοχή είναι οι εξής[3]:

Θαλάσσια περιοχή Α1

1. Ραδιοτηλέφωνο VHF/DSC με ακρόαση στο κανάλι 70
2. Ραδιοτηλέφωνο VHF με ακρόαση στο κανάλι 16
3. **Δέκτης NAVTEX ή δέκτης EGC**
4. Δορυφορικό ή επίγειο EPIRB
5. SART
6. Φορητό Ραδιοτηλέφωνο VHF

Θαλάσσια περιοχή Α2

1. Ραδιοτηλέφωνο VHF/DSC με ακρόαση στο κανάλι 70
2. Ραδιοτηλέφωνο VHF με ακρόαση στο κανάλι 16
3. Ραδιοτηλέφωνο MF/DSC με ακρόαση στα 2187,5 KHz
4. Ραδιοτηλέφωνο MF με ακρόαση στα 2182 KHz
5. **Δέκτης NAVTEX ή δέκτης EGC**
6. Δορυφορικό EPIRB
7. SART
8. Φορητό Ραδιοτηλέφωνο VHF

Θαλάσσια περιοχή Α3

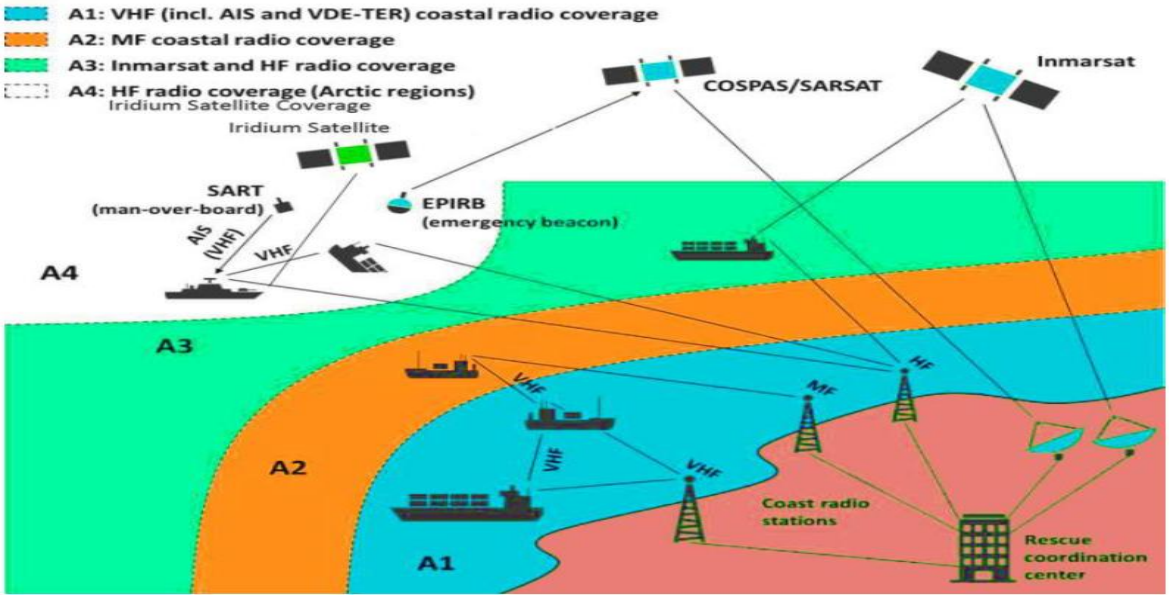
1. Ραδιοτηλέφωνο VHF/DSC με ακρόαση στο κανάλι 70
2. Ραδιοτηλέφωνο VHF με ακρόαση στο κανάλι 16
3. Ραδιοτηλέφωνο MF/DSC με ακρόαση στα 2187,5 KHz
4. Ραδιοτηλέφωνο MF με ακρόαση στα 2182 KHz
5. Ραδιοτηλέφωνο MF/HF με δυνατότητα DSC
6. **Δέκτης NAVTEX ή δέκτης EGC**

[3] Σημειώνονται οι απαιτήσεις για NAVTEX το οποίο αποτελεί και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

7. INMARSAT
8. Δορυφορικό EPIRB
9. SART
10. Φορητό Ραδιοτηλέφωνο VHF

Θαλάσσια περιοχή Α4

1. Ραδιοτηλέφωνο VHF/DSC με ακρόαση στο κανάλι 70
2. Ραδιοτηλέφωνο VHF με ακρόαση στο κανάλι 16
3. Ραδιοτηλέφωνο MF/DSC με ακρόαση στα 2187,5 KHz
4. Ραδιοτηλέφωνο MF με ακρόαση στα 2182 KHz
5. Ραδιοτηλέφωνο MF/HF με δυνατότητα DSC
6. **Δέκτης NAVTEX ή δέκτης EGC**
7. Δορυφορικό EPIRB
8. SART
9. Φορητό Ραδιοτηλέφωνο VHF



Εικόνα 1 Περιοχές Κάλυψης[4]

[4] Πηγή (Λυμπέρης & Ταμπακάκης, 2017)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1 ΖΩΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ITU

Οι περιοχές συχνοτήτων και οι αντίστοιχες σύμφωνα με τον ITU ονομασίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως στις ασύρματες επικοινωνίες, παρατίθενται στο Παράρτημα «Α»[5]. Το σύστημα NAVTEX λειτουργεί στις συχνότητες 518KHz, 490 KHz και 4209 KHz, δηλαδή στη ζώνη των MF (Medium Frequency) και στην κάτω περιοχή της ζώνης των HF (High Frequency) (ITU, 2009).

2.2 MF ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ NAVTEX ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (ITU, 2009)

Η διάδοση των ραδιοκυμάτων στη ζώνη των Μεσαίων Συχνοτήτων (Medium Frequency - MF) αποτελεί ένα από τα πιο ενδιαφέροντα κεφάλαια της ραδιοεπικοινωνίας, καθώς συνδυάζει τη σταθερότητα της τοπικής κάλυψης με τη δυνατότητα λήψης σε τεράστιες αποστάσεις υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η επικοινωνία στα MF βασίζεται αποκλειστικά στο κύμα εδάφους (ground wave). Στις συγκεκριμένες συχνότητες το ηλεκτρομαγνητικό κύμα «ακολουθεί» την καμπυλότητα της γήινης επιφάνειας. Η αποτελεσματικότητα επηρεάζεται άμεσα από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Το κύμα εδάφους διαδίδεται περίπου οριζόντια, ενώ επίσης κάποιο τμήμα της ισχύος του οδεύει προς τα κάτω και κατά συνέπεια απορροφάται από το έδαφος προκαλώντας εξασθένηση του οριζόντιου κύματος λόγω αυτής της απώλειας ισχύος. Το τμήμα αυτό (και επομένως η απώλεια ισχύος και η εξασθένηση) μειώνεται με την αύξηση της αγωγιμότητας του εδάφους. Έτσι η θάλασσα, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε αλάτι και της αγωγιμότητάς της, επιτρέπει στο η/μ σήμα να ταξιδέψει πολύ μακρύτερα συγκριτικά με την ξηρά. Αυτός είναι και ο λόγος που οι συχνότητες MF χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στη ναυτιλία, καθώς παρέχουν αξιόπιστη κάλυψη σε παράκτιες και ωκεάνιες θαλάσσιες περιοχές (Λυμπέρης & Ταμπακάκης, 2017).

Η μεγάλη αλλαγή στη διάδοση λαμβάνει χώρα στις ώρες μετά τη δύση του ηλίου. Την ημέρα, το χαμηλότερο στρώμα της ιονόσφαιρας (στρώμα D) λειτουργεί ως «σφουγγάρι»[6], το

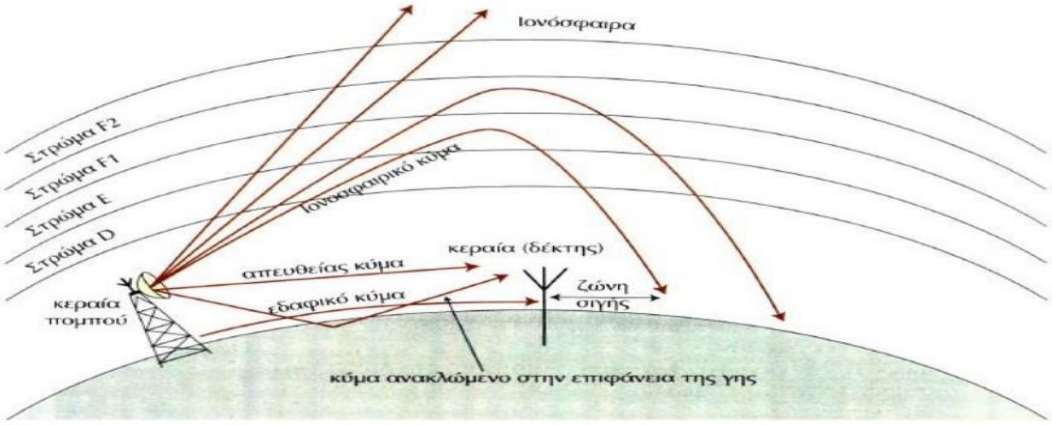
[5] Διαφορετικές κατανομές σε περιοχές συχνοτήτων και ονομασίες χρησιμοποιούνται από άλλα πρότυπα, όπως για παράδειγμα για χρήση στα ραντάρ.

[6] Το σήμα δεν ανακλάται στο ιονοσφαιρικό στρώμα αλλά απορροφάται και συνεπώς αντί να επιστρέφει στη γη διαχέεται προς το διάστημα.

οποίο απορροφά σημαντικό μέρος της η/μ ενέργειας των MF, περιορίζοντας την ανάκλασή τους. Παράλληλα, λόγω του σχετικά χαμηλού ύψους του στρώματος D, τα μερικώς ανακλώμενα ραδιοκύματα επιστρέφουν στη Γη σε σχετικά μικρές αποστάσεις, και κατά συνέπεια ο κυρίαρχος μηχανισμός διάδοσης παραμένει η διάδοση μέσω του κύματος εδάφους. Ωστόσο, μετά τη δύση του ήλιου το στρώμα D εξαφανίζεται. Τότε, τα η/μ κύματα MF δύναται να προσεγγίσουν τα ανώτερα στρώματα (όπως το στρώμα E) και στη συνέχεια να ανακλαστούν προς τη γήινη επιφάνεια. Αυτή η μετάδοση του ιονοσφαιρικού κύματος (skywave) επιτρέπει σε έναν σταθμό μεσαίων κυμάτων να διαδίδεται εκατοντάδες χλμ, και σε αποστάσεις πέραν του ορίζοντα.

Η διάδοση των σημάτων MF, παρά τα πλεονεκτήματα, αντιμετωπίζει δυσκολίες. Η νυχτερινή διάδοση συχνά προκαλεί το φαινόμενο των διαλείψεων (fading), καθώς το κύμα εδάφους και το ιονοσφαιρικό κύμα λαμβάνονται στο δέκτη με διαφορετική φάση, προκαλώντας αυξομειώσεις στην ένταση του ήχου, μειώνοντας έτσι την ποιότητα του σήματος. Επιπρόσθετα, τα MF καθίσταται ευάλωτα στον ατμοσφαιρικό θόρυβο (πχ καταιγίδες), αλλά και σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές προερχόμενες από ηλεκτρονικές συσκευές.

Λόγω των χαρακτηριστικών αυτών, οι επικοινωνίες σε συχνότητες MF χρησιμοποιήθηκαν στη ναυτιλία για την (μεταξύ άλλων) εκπομπή πληροφοριών ασφαλείας (NAVTEX), καθώς και για τη ραδιοτηλεφωνία στην περιοχή A2. Ακόμα και μετά την εφεύρεση των δορυφόρων και των δορυφορικών επικοινωνιών, τα φυσικά χαρακτηριστικά των επικοινωνιών MF, που τους επιτρέπουν να διαδίδονται πέρα από τον οπτικό ορίζοντα, τα καθιστά ένα αναντικατάστατο εφεδρικό μέσο επικοινωνίας.



Εικόνα 2 Διάδοση ΡαδιοΚυμάτων MF[7]

Οι μέγιστες εμβέλειες στην περιοχή των MF διαφέρουν σημαντικά μεταξύ ημέρας και νύχτας, ενώ η απόσταση μετάδοσης επηρεάζεται και από την επιφάνεια της γήινης επιφάνειας (ξηρά ή θάλασσα). Την ημέρα (αποκλειστικά Κύμα Εδάφους), η εμβέλεια περιορίζεται από την απορρόφηση του στρώματος D και του κύματος εδάφους, οπότε πάνω από την Ξηρά κυμαίνεται συνήθως από 150 έως 300 χλμ. Σε εδάφη με κακή αγωγιμότητα (βουνά, έρημοι) μπορεί να μειωθεί σε λιγότερο από 100 χλμ. Αντίθετα, πάνω από θαλάσσιες επιφάνειες, η εξαιρετική αγωγιμότητα του αλμυρού νερού, επιτρέπει στο σήμα να διαδίδεται ευκολότερα, ώστε η εμβέλειά του να αυξάνεται σε 400 έως 600 χιλιόμετρα. Τις νυκτερινές ώρες (Ιονοσφαιρική Διάδοση), οπότε το στρώμα D δεν απορροφά τα ραδιοκύματα, η μέση εμβέλεια κυμαίνεται από 800 έως 1.500 χιλιόμετρα και η μέγιστη εμβέλεια υπό ιδανικές ατμοσφαιρικές συνθήκες και με ισχυρούς πομπούς μπορεί να ξεπεράσει τα 3.000 έως 5.000 χιλιόμετρα (Λυμπέρης & Ταμπακάκης, 2017).

Εν κατακλείδι η εμβέλεια επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

α. Ισχύς Πομπού

β. Συχνότητα: όπου οι χαμηλότερες συχνότητες (π.χ. 500-600 kHz) έχουν καλύτερη διάδοση μέσω κύμα εδάφους συγκριτικά με τις υψηλότερες (π.χ. 1500 kHz).

γ. Εποχή: η εμβέλεια αυξάνει τους χειμερινούς μήνες λόγω του μειωμένου ατμοσφαιρικού θορύβου.

Με βάση τα παραπάνω, ο IMO (International Maritime Organization) έχει ορίσει την

[7] Πηγή (Λυμπέρης & Ταμπακάκης, 2017)

Περιοχή Α2 βάσει της εμβέλειας των MF, η οποία υπολογίζεται περίπου στα 100 ναυτικά μίλια (185 χλμ) από τις ακτές. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται συνεχής και αξιόπιστη επικοινωνία κατά τις πρωινές και τις νυκτερινές ώρες της ημέρας.

2.3 HF ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ NAVTEX ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

Η διάδοση των κυμάτων στη ζώνη των Υψηλών Συχνοτήτων (High Frequency - HF), που περιλαμβάνουν συχνότητες από τα 3 έως τα 30 MHz, αποτελεί το πιο δυναμικό φαινόμενο στον κόσμο των ραδιοεπικοινωνιών. Το στοιχείο που καθιστά τα HF μοναδικά είναι η ικανότητά τους να ταξιδεύουν σε παγκόσμιο εύρος, χρησιμοποιώντας την ιονόσφαιρα ως έναν φυσικό «κάτοπτρο» που ανακλά τα σήματα πίσω στη γήινη επιφάνεια, υπερνικώντας με αυτό τον τρόπο την καμπυλότητα της γήινης επιφάνειας.

Σε αντίθεση με τις συχνότητες MF οι οποίες μεταδίδονται κυρίως με κύμα εδάφους, η επικοινωνία στις συχνότητες HF βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ιονοσφαιρική αντανάκλαση των ραδιοκυμάτων (skywave). Όταν ένα η/μ σήμα εκπέμπεται προς τον ουρανό, εισέρχεται στα στρώματα της ιονόσφαιρας. Στην περιοχή αυτή, η ηλιακή ακτινοβολία ιονίζει τα ατμοσφαιρικά στρώματα αέρα, οπότε και παρατηρείται διαφοροποίηση στην πυκνότητα των ηλεκτρονίων. Το κύμα HF διαθλάται μέσα σε αυτά τα στρώματα και, εφόσον η συχνότητα είναι η κατάλληλη, το σήμα επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης αρκετά χιλιόμετρα πέραν από το σημείο της εκπομπής. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να επαναληφθεί πολλαπλά (multi-hop propagation), γεγονός που επιτρέπει στο σήμα να ταξιδέψει πέριξ του πλανήτη.

Η μετάδοση μέσω αντανάκλασης και συνεπώς η διάδοση στα HF, είναι εξαιρετικά μεταβλητή, καθώς εξαρτάται από παράγοντες όπως η ηλιακή δραστηριότητα.

α. Κύκλος Ημέρας/Νύχτας: Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η ιονόσφαιρα είναι «πυκνή», επιτρέποντας τη χρήση υψηλότερων συχνοτήτων (π.χ. 14-30 MHz). Τη νύχτα, ο ιονισμός μειώνεται και οι επικοινωνίες μετατοπίζονται σε χαμηλότερες συχνότητες (π.χ. 3-10 MHz) για να αποφευχθεί η διαφυγή του σήματος στο διάστημα.

β. Ηλιακός Κύκλος: Κάθε 11 χρόνια, ο ήλιος φτάνει στο μέγιστο της δραστηριότητάς του, ενισχύοντας την ιονόσφαιρα και καθιστώντας τις επικοινωνίες HF εξαιρετικά αποδοτικές ακόμα και με πολύ χαμηλή ισχύ.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των επικοινωνιών HF είναι η νεκρή ζώνη (skip zone).

Πρόκειται για την περιοχή που βρίσκεται πέραν της εμβέλειας του κύματος εδάφους, αλλά όχι αρκετά μακριά από την πρώτη αντανάκλαση του ιονοσφαιρικού κύματος. Στην περιοχή αυτή το σήμα HF δεν μεταδίδεται/λαμβάνεται. Συνέπεια του φαινομένου είναι η δημιουργία μιας «νεκρής ζώνης» ενός κενού επικοινωνίας. Η αντιμετώπιση του φαινομένου της «νεκρής ζώνης» στηρίζεται στην αλλαγή συχνότητας ή της γωνίας εκπομπής του σήματος, προκειμένου να αλλάξουν οι αποστάσεις διάδοσης κύματος εδάφους ή / και οι παράμετροι αντανάκλασης στην ιονόσφαιρα.

Στη σημερινή εποχή, οι επικοινωνίες HF χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία, στην αεροπορία σε ωκεάνιες περιοχές, αλλά και σε στρατιωτικές εφαρμογές, δεδομένου ότι αποτελούν το μοναδικό τρόπο επικοινωνίας για επίτευξη μεγάλων αποστάσεων χωρίς τη χρήση αναμεταδοτών ή δορυφόρων.

Σε αντίθεση με τις επικοινωνίες MF, τα κύματα HF απορροφώνται γρήγορα από το έδαφος. Η εμβέλεια του εδαφικού κύματος είναι πολύ μικρή, συνήθως 40 έως 100 χλμ. Πέρα από αυτή την απόσταση, το σήμα εξαφανίζεται μέχρι να «επιστρέψει» από την ιονόσφαιρα.

Στην περίπτωση του συστήματος NAVTEX, επειδή όπως προαναφέρθηκε λειτουργεί στη συχνότητα 4209KHz[8], η διάδοση των σημάτων NAVTEX βασίζεται κατά βάση σε κύματα εδάφους[9] και συνεπώς η μέγιστη εμβέλεια εξαρτάται άμεσα από παράγοντες όπως η ώρα της ημέρας, η εποχή και η ηλιακή ακτινοβολία. Συνεπώς, τις πρωινές ώρες η εμβέλεια κυμαίνεται ανάμεσα στα 400 και 600νμ[10], ενώ τις νυκτερινές ώρες η εμβέλεια αυξάνεται κατακόρυφα, λόγω της ιονοσφαιρικής διάδοσης (skywave) και φτάνει έως τα 1.200 με 2.500+νμ[11].

Η συχνότητα λειτουργίας του NAVTEX 4209.5kHz, χρησιμοποιείται κυρίως για τις τροπικές περιοχές ή για τις περιοχές όπου η κάλυψη των MF είναι ανεπαρκής λόγω ατμοσφαιρικού θορύβου. Ωστόσο, λόγω της μεγάλης εμβέλειας κατά τη διάρκεια της νύκτας, υφίσταται υψηλή πιθανότητα παρεμβολών λόγω των ταυτόχρονων σημάτων εκπομπής από διαφορετικούς σταθμούς NAVTEX. Με σκοπό την αποφυγή του φαινομένου, οι εκπομπές είναι συνήθως προγραμματισμένες σε συγκεκριμένες περιόδους (slots) για κάθε σταθμό (ITU, 2009).

[8] η οποία βρίσκεται «χαμηλά» στην περιοχή των HF.
[9] Εφόσον η συγκεκριμένη συχνότητα είναι στην κάτω ζώνη των HF.
[10] Σε αυτή τη συχνότητα, το κύμα εδάφους είναι ισχυρό πάνω από τη θάλασσα, αλλά το ιονοσφαιρικό κύμα απορροφάται εν μέρει από το στρώμα D.
[11] Το σήμα ανακλάται στην ιονόσφαιρα και μπορεί να καλύψει ολόκληρες θαλάσσιες λεκάνες (π.χ. ολόκληρη τη Μεσόγειο ή μεγάλο μέρος του Ατλαντικού).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ NAVTEX ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

3.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ MSI μέσω ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ ΚΑΙ MF, HF

Οι υπηρεσίες και οι μέθοδοι εκπομπής Πληροφοριών Ναυτικής Ασφάλειας (MSI) αποτελούν μέρος του παγκόσμιου συστήματος GMDSS και διασφαλίζουν ότι κάθε πλοίο λαμβάνει δωρεάν κρίσιμα, για την ασφάλεια του, μηνύματα που αφορούν τη ναυσιπλοΐα. Μέσω δορυφορικών συστημάτων, λειτουργούν οι υπηρεσίες SafetyNet/Safety Net II και το Iridium Safety Cast, τα οποία καλύπτουν την περιοχή Α3. Μέσω Μεσαίων Συχνοτήτων (MF - Medium Frequency), λειτουργεί το σύστημα NAVTEX (518 kHz) το οποίο αποτελεί την κύρια μέθοδο για αυτόματη λήψη MSI σε ακτίνα περίπου 250-400νμ από την ακτή, δηλαδή για τη Θαλάσσια Περιοχή Α2. Στις υψηλές συχνότητες της περιοχής των MF χρησιμοποιείται το σύστημα NAVTEX με την τεχνική NBDP (Narrow-Band Direct-Printing) και η ραδιοτηλεφωνία (2182 kHz) για επείγουσες αναγγελίες κινδύνου-ασφάλειας. Τέλος, στις Υψηλές Συχνότητες (HF)[12], λειτουργεί το HF NBDP (Radio Telex) για την εκπομπή MSI σε μεγάλες αποστάσεις, ειδικά σε περιοχές που δεν καλύπτονται από το NAVTEX (π.χ. περιοχή Α4).

3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ NAVTEX – ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

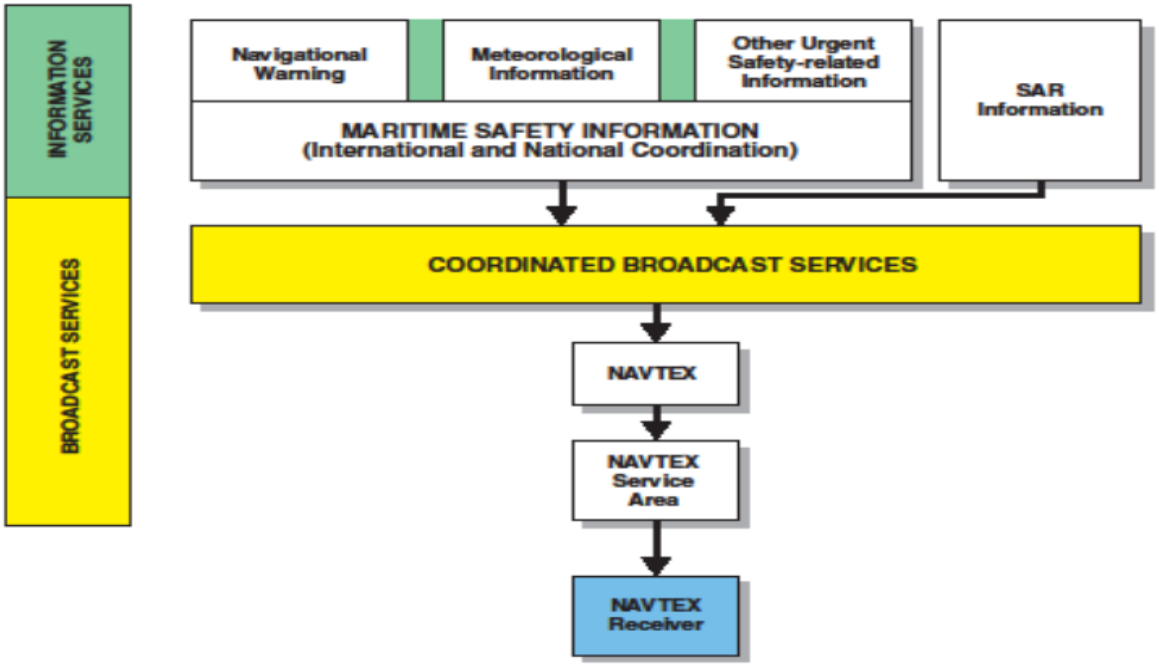
Το NAVTEX συνιστά μια διεθνή αυτοματοποιημένη υπηρεσία άμεσης εκτύπωσης πληροφοριών ναυτικής ασφάλειας (MSI), προειδοποιήσεων ναυσιπλοΐας, μετεωρολογικών προειδοποιήσεων, μετεωρολογικών προγνώσεων και άλλων επειγόντων μηνυμάτων τα οποία σχετίζονται με την ασφάλεια των πλοίων. Αναπτύχθηκε ώστε να παρέχει ένα απλό και αυτοματοποιημένο μέσο λήψης MSI, χαμηλού κόστους, σε πλοία που βρίσκονται σε παράκτιες θαλάσσιες περιοχές. Οι πληροφορίες που μεταδίδονται μπορεί να αφορούν πλοία κάθε τύπου και μεγέθους, ενώ η δυνατότητα επιλεκτικής απόρριψης μηνυμάτων, εξασφαλίζει ότι το πλήρωμα, μπορεί να επιλέξει τη λήψη συγκεκριμένων τύπων/κατηγοριών MSI, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πλου και της περιοχής (tailored).

Το σύστημα NAVTEX αποτελεί σημαντικό κόμβο του Παγκόσμιου Συστήματος Ναυτικής Ασφάλειας (GMDSS), το οποίο αναπτύχθηκε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) και ενσωματώθηκε στις τροποποιήσεις του 1988 της Διεθνούς Σύμβασης για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS), 1974, όπως τροποποιήθηκε, ως απαίτηση για τα πλοία στα οποία

[12] Χρησιμοποιείται μέσω συγκεκριμένων συχνοτήτων (π.χ. 4209,5 kHz, 6312 kHz κ.α.).

εφαρμόζεται η Σύμβαση.

Το NAVTEX παρέχει ένα εύρος προειδοποιήσεων σχετικά με την πλοήγηση (μετεωρολογικές προειδοποιήσεις, μετεωρολογικές προβλέψεις, στρατιωτικές ασκήσεις, επιπλέοντα αντικείμενα), μέσω αυτόματης εμφάνισης ή εκτύπωσης σε έναν ειδικό δέκτη του συστήματος. Το NAVTEX είναι κατάλληλο για χρήση σε όλα τα μεγέθη και τύπους πλοίων. Το Σχήμα 3 απεικονίζει τη δομή της υπηρεσίας.



Εικόνα 3 Δομή της Υπηρεσίας[13]

Η αρμοδιότητα για τον συντονισμό της χρήσης των συχνοτήτων 518kHz, 490kHz και 4209,5kHz για τις υπηρεσίες NAVTEX σε παγκόσμιο επίπεδο ανατέθηκε από την ITU στον IMO, ο οποίος με τη σειρά του έχει προβεί στην ανάθεση της συνολικής ευθύνης για τη διαχείριση και το συντονισμό της υπηρεσίας NAVTEX, σε παγκόσμιο επίπεδο, στην Επιτροπή Συντονισμού NAVTEX (NAVTEX Coordination Panel). Αναφορικά με την ευθύνη των εθνικών εκπομπών NAVTEX στις συχνότητες 490kHz και 4209,5kHz, η αρμοδιότητα της Επιτροπής Συντονισμού NAVTEX περιορίζεται στην κατανομή/ανάθεση των χαρακτήρων αναγνώρισης του σταθμού μετάδοσης.

[13] Πηγή Εγχειρίδιο της Υπηρεσίας NAVTEX, (IMO MSC.1/Circ.1403/Rev.1).

3.3 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (MSC, 2016)

Τα βασικά χαρακτηριστικά της υπηρεσίας NAVTEX αφορούν τη:

α. Χρήση μίας μόνο συχνότητας, με μετάδοση από σταθμούς εντός περιοχών μετάδοσης, αλλά και μεταξύ των NAVAREAs[14] και των METAREAs[15] και συντονίζονται με βάση την κατανομή χρόνου (slots), ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος αμοιβαίων παρεμβολών. Οι παρακάτω συχνότητες χρησιμοποιούνται για τις εκπομπές NAVTEX:

518KHz	
Τύπος Υπηρεσίας	Διεθνής
Περιεχόμενο	MSI (Maritime Security Information)
Γλώσσα	Αγγλικά
Συντονισμός	IMO NAVTEX Coord Panel
490KHz / 4209,5KHz	
Τύπος Υπηρεσίας	Εθνική
Περιεχόμενο	MSI (Maritime Security Information)
Γλώσσα	Βάση επιλογής από την εθνική αρχή
Συντονισμός	Εκπομπή με αναγνωριστικό χαρακτήρα (ID Character) ο οποίος ανατίθεται σε κάθε εθνική αρχή από τον IMO.

Πίνακας 1: Συχνότητες NAVTEX[16]

[14] METAREA σημαίνει μια γεωγραφική θαλάσσια περιοχή που έχει καθοριστεί με σκοπό τον συντονισμό της μετάδοσης θαλάσσιων μετεωρολογικών πληροφοριών. Ο όρος METAREA ακολουθούμενος από έναν λατινικό αριθμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση μιας συγκεκριμένης θαλάσσιας περιοχής. Η οριοθέτηση των περιοχών αυτών δεν σχετίζεται με και δεν επηρεάζει την οριοθέτηση των συνόρων μεταξύ κρατών, όπως φαίνεται στο Σχήμα Β-1 (Παράρτημα Β).

[15] NAVAREA σημαίνει μια γεωγραφική θαλάσσια περιοχή που έχει καθοριστεί με σκοπό τον συντονισμό της μετάδοσης προειδοποιήσεων ναυσιπλοΐας. Ο όρος NAVAREA ακολουθούμενος από έναν λατινικό αριθμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό μιας συγκεκριμένης θαλάσσιας περιοχής. Η οριοθέτηση των περιοχών αυτών δεν σχετίζεται με και δεν θίγει την οριοθέτηση των συνόρων μεταξύ κρατών, όπως φαίνεται στο φαίνεται στο Σχήμα Β-2 (Παράρτημα Β).

[16] Πηγή ίδια κατασκευή με βάση το Εγχειρίδιο της Υπηρεσίας NAVTEX, (IMO MSC.1/Circ.1403/Rev.1).

β. Η εμβέλεια ενός πομπού NAVTEX εξαρτάται από παράγοντες όπως η ισχύς εκπομπής και οι τοπικές/χρονικές συνθήκες διάδοσης των ραδιοκυμάτων. Η πραγματική εμβέλεια που επιτυγχάνεται θα πρέπει να προσαρμόζεται στο ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο για την εξασφάλιση της λήψης στην καθορισμένη περιοχή εξυπηρέτησης NAVTEX. Η εμπειρία δείχνει ότι η επιθυμητή εμβέλεια των 250 έως 400νμ, επιτυγχάνεται συνήθως με ισχύ εκπομπής, η οποία δεν υπερβαίνει το 1kW κατά τη διάρκεια της ημέρας και με μείωση κατά 60 % κατά τη διάρκεια της νύχτας.

γ. Το σύστημα λήψης αποτελείται από έναν δέκτη NAVTEX, που περιλαμβάνει ραδιοδέκτες, έναν επεξεργαστή σημάτων και μια ενσωματωμένη συσκευή εκτύπωσης, είτε μια ειδική συσκευή απεικόνισης με θύρα εξόδου εκτυπωτή και μια μη πτητική μνήμη μηνυμάτων, είτε μια σύνδεση με ένα ενσωματωμένο σύστημα πλοήγησης και μια μη πτητική μνήμη μηνυμάτων, η οποία έχει τη δυνατότητα να επιλέγει τα μηνύματα που θα εκτυπωθούν ή θα προβληθούν και κατόπιν θα αποθηκευτούν.

3.4 ΔΟΜΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ

Όλα τα μηνύματα του NAVTEX έχουν πρόθεμα που αποτελείται από ομάδα τεσσάρων (4) αλφαριθμητικών χαρακτήρων B1, B2, B3,B4:

Ο πρώτος χαρακτήρας B1 (γράμμα) καθορίζει την ταυτότητα του σταθμού εκπομπής.

Ο δεύτερος χαρακτήρας B2 (γράμμα) καθορίζει την κατηγορία του μηνύματος (όπως περιγράφονται παρακάτω).

Ο τρίτος και τέταρτος χαρακτήρας B3, B4(αριθμός) είναι ο αύξων αριθμός του μηνύματος με αρίθμηση από 01 μέχρι και 99. Στη συνέχεια η αρίθμηση επαναλαμβάνεται από 01, αποφεύγοντας μηνύματα με αριθμούς NAVTEX που δεν έχουν λήξει αλλά είναι ακόμα σε ισχύ.

Μηνύματα που μεταδίδονται έκτακτα και εκτιμώνται ως απαραίτητα να ληφθούν από τα πλοία, μεταδίδονται με αύξοντα αριθμό 00, ώστε να μην απορρίπτονται από το δέκτη, αλλά να εκτυπώνονται ανυπερθέτως και ανεξάρτητα από τον προγραμματισμό λήψεων που έχει προγραμματίσει ο χειριστής.

Ο δεύτερος χαρακτήρας B2 (γράμμα) του προθέματος των μηνυμάτων, δηλώνει την κατηγορία του μηνύματος και χρησιμοποιεί τα εξής γράμματα (χαρακτήρες):

A – Ναυτιλιακές Προειδοποιήσεις .

B – Αναγγελία Θυελλωδών Ανέμων.

C – Αναφορές Πάγων.

D – Πληροφορίες Έρευνας – Διάσωσης.

E – Δελτίο Καιρού.

F – Μηνύματα Πλοηγικής Υπηρεσίας.

G – Μηνύματα DECCA.

H – Μηνύματα LORAN.

I – Μηνύματα OMEGA.

J – Μηνύματα SATNAV.

K – Άλλα Μηνύματα Ηλεκτρονικών Ραδιοβοηθημάτων.

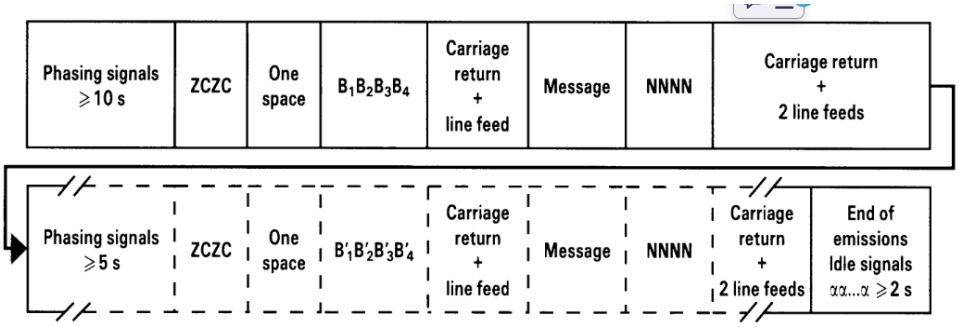
L – Ναυτιλιακές Προειδοποιήσεις ¬ επιπρόσθετες του γράμματος Α.

Z – Μη Ύπαρξη Μηνυμάτων.

Σε κάθε χαρακτήρα αναγνώρισης του σταθμού εκπομπής ανατίθεται συγκεκριμένη περίοδος με μέγιστο χρόνο μετάδοσης των 10 λεπτών ανά 4 ώρες. Καθώς το σύστημα NAVTEX χρησιμοποιεί πάντοτε μόνο μια συχνότητα, είναι κρίσιμη η τήρηση των ανατιθέμενων slots (χρόνος, περιοδικότητα), ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχής λειτουργία του συστήματος. Οι χρόνοι έναρξης εκπομπής κάθε σταθμού καθορίζονται από την Επιτροπή Συντονισμού NAVTEX του ΙΜΟ.

3.5 ΤΥΠΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ (MESSAGE FORMAT)

Τα μηνύματα NAVTEX πρέπει να συντάσσονται σύμφωνα με τις οδηγίες που περιέχονται στο Εγχειρίδιο ΙΜΟ/ΙΗΟ/WMO για τις Πληροφορίες Ναυτικής Ασφάλειας και στην Έκδοση S-53 του ΙΗΟ. Η μορφή όλων των μηνυμάτων οφείλει να συμμορφώνεται με την τυποποίηση όπως φαίνεται στην Εικόνα **4**, με τα βασικά στοιχεία των μηνυμάτων. Απαιτείται μεγάλη προσοχή για την αποφυγή συντακτικών σφαλμάτων στις ομάδες ZCZC B1B2B3B4 και NNNN, καθώς αυτά ενδέχεται να προκαλέσουν λανθασμένη λήψη συνεπώς να οδηγήσουν στην αδυναμία λήψης των εκπεμπόμενων μηνυμάτων.



Εικόνα 4 *Standard Format of NAVTEX Messages*[17]

Το σήμα φάσης μεταδίδεται αυτόματα από τον πομπό NAVTEX στην αρχή κάθε μηνύματος και είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος. Είναι αυτό το σήμα που επιτρέπει σε έναν δέκτη να συντονιστεί στη μετάδοση ενός συγκεκριμένου σταθμού, υπό την προϋπόθεση ότι η συχνότητα δεν χρησιμοποιείται ήδη.

Εφόσον ένας δεύτερος σταθμός, εντός της εμβέλειας μετάδοσης ενός πρώτου σταθμού και με χρονοθυρίδα πριν από τον σταθμό που έχει επιλεγεί, υπερβεί τη χρονοθυρίδα του (ανεξάρτητα από τον χαρακτήρα αναγνώρισης του πομπού B1 που χρησιμοποιείται), η μετάδοσή του θα ακυρώσει το σήμα φάσης του πρώτου σταθμού. Αυτό θα έχει ως συνέπεια την αδυναμία λήψης από το δέκτη της εκπομπής του πρώτου σταθμού, ο οποίος εμφανίζεται ως εκτός αέρα και η εκπομπή του δεν θα λαμβάνεται υπόψη από το σύστημα. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να αποστερήσει τη λήψη σημαντικών πληροφοριών ασφάλειας από τον χρήστη. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος για τον οποίο είναι σημαντικό κάθε σταθμός να τηρεί τα χρονικά διαστήματα που του έχουν κατανεμηθεί. Ομοίως, εφόσον το σήμα φάσης για έναν συγκεκριμένο σταθμό είναι πολύ σύντομο, αναμένεται ότι ορισμένοι δέκτες δεν θα είναι σε θέση να συντονιστούν στην εκπομπή.

3.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ

Τα βασικά στοιχεία του μηνύματος φαίνονται παρακάτω στην Εικόνα 5:

[17] Πηγή IMO

Element	Example
Phasing signal	
Start of message group	ZCZC
One space	
NAVTEX message identity	FA01
Carriage return + line feed	
Message content	(Date Time Group – Optional e.g. 040735 UTC OCT 17) NAV I 114/17 ENGLISH CHANNEL. START POINT SOUTHWARD. CHART BA 442 (INT 1701). UNEXPLODED ORDNANCE LOCATED 49-51.97N 003-39.54W AND 49-55.24N 003-40.79W.
End of message instruction	NNNN
Carriage return + two line feeds	
Phasing signal	

Εικόνα 5: Elements of NAVTEX message [18]

3.7 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (MSC, 2016)

Όλες οι εκπομπές NAVTEX σε διεθνές επίπεδο, πραγματοποιούνται στα 518 kHz[19]. Οι εκπομπές χρησιμοποιούν διαμόρφωση FSK 100baud[20], με μετατόπιση συχνότητας 170Hz. Η πληροφορία μεταδίδεται μέσω αλλαγής συχνότητας, το πλάτος και η φάση παραμένουν σταθερά. Η κεντρική συχνότητα του φάσματος που εφαρμόζεται σε έναν πομπό μονής πλευρικής ζώνης είναι 1700Hz. Το εύρος ζώνης 6dB του δέκτη πρέπει να είναι μεταξύ 270-340Hz. Οι εκπομπές NAVTEX μπορούν επίσης να πραγματοποιηθούν στα 490 kHz, συχνά σε γλώσσες διαφορετικές από τα αγγλικά, καθώς και στα 4209,5 kHz.

Κάθε χαρακτήρας μεταδίδεται δύο φορές. Η πρώτη μετάδοση (DX) ενός συγκεκριμένου χαρακτήρα ακολουθείται από τη μετάδοση τεσσάρων άλλων χαρακτήρων, μετά την οποία πραγματοποιείται η αναμετάδοση (RX) του πρώτου χαρακτήρα, επιτρέποντας τη λήψη με χρονική διαφοροποίηση 280ms.

Η λειτουργία μετάδοσης, χρησιμοποιεί SITOR-B (Simplex Teleprinting Over Radio,

[18] Πηγή IHO MSC

[19] Αυτή η συχνότητα εκπομπής χρησιμοποιείται επίσης από την Υπηρεσία Ερασιτεχνικής Ραδιοφωνίας (AMTOR).

[20] Στις τηλεπικοινωνίες, το baud (ή baud rate) είναι η μονάδα μέτρησης του ρυθμού συμβόλων, που αντιπροσωπεύει τον αριθμό των συμβάντων σηματοδότησης ή των αλλαγών στο μέσο μετάδοσης ανά δευτερόλεπτο. Η διαφορά από τα bits: Αν και συχνά συγχέεται με το bit rate (bits ανά δευτερόλεπτο), είναι το ίδιο μόνο αν κάθε σύμβολο μεταφέρει ακριβώς ένα bit δεδομένων. Στην περίπτωση του NAVTEX, η ταχύτητα είναι 100 baud, που σημαίνει ότι το σήμα αλλάζει κατάσταση 100 φορές ανά δευτερόλεπτο.

Mode B), η οποία είναι μια μέθοδος στενής ζώνης άμεσης εκτύπωσης (NBDP) που χρησιμοποιεί Forward Error Correction (FEC).

Τα χαρακτηριστικά αυτά παραπέμπουν σε σύστημα το οποίο είναι σχεδιασμένο να είναι ανθεκτικό στο θόρυβο και επιπλέον να μεταδίδει πληροφορίες με υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας. Ωστόσο, το μικρό εύρος και η μικρή ταχύτητα έχουν ως αποτέλεσμα το μικρό όγκο μεταδιδόμενης πληροφορίας.

Η ταχύτητα μετάδοσης είναι σταθερή στα 100baud, ενώ η τυπική εμβέλεια κυμαίνεται μεταξύ 250 και 400νμ από το σταθμό μετάδοσης. Ωστόσο, παρουσιάζονται ημερήσιες διακυμάνσεις, καθώς παρότι η εμβέλεια κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι σχετικά σταθερή, η κάλυψη επεκτείνεται σημαντικά τη νύχτα λόγω της δυνατότητας διάδοσης στην ιονόσφαιρα. Ωστόσο, η δυνατότητα αυτή προκαλεί παρεμβολές από σταθμούς σε απομακρυσμένους περιοχές. Προκειμένου να διατηρήσουν την ονομαστική κάλυψη, οι πομποί χρησιμοποιούν συνήθως κατά τη διάρκεια της ημέρας ισχύ όχι μεγαλύτερη από 1kW, η οποία μειώνεται κατά 60% τη νύχτα, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι αμοιβαίες παρεμβολές (εφόσον η εμβέλεια αυξάνεται).
Διόρθωση σφαλμάτων: Ο κάθε χαρακτήρας μεταδίδεται δύο φορές, με καθυστέρηση διαφορισμού χρόνου (συνήθως 280 ms), ώστε να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα των δεδομένων ακόμη και σε συνθήκες που η λήψη αντιμετωπίζει προβλήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗΣ

4.1 Η ΑΝΑΓΚΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

Παρά τη σημαντικότητα του GMDSS για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, εντούτοις από το 1999 και έπειτα δεν έχει ακολουθήσει την τεχνολογική εξέλιξη. Η παρωχημένη τεχνολογία υστέρηση (obsolete), μεταφράζεται σε λειτουργική δυστοκία και δυσλειτουργίες και συνεπώς συνιστά πρόκληση, ιδιαίτερα για τις διαδικασίες που είναι αναγκασμένοι να ακολουθούν οι αξιωματικοί καταστρώματος με τη χρήση του υφιστάμενου πολύπλοκου και απαρχαιωμένου εξοπλισμού του GMDSS (Bureau, 2024) και των επιμέρους συστημάτων του.

Η προβληματική λειτουργία του GMDSS συμβάλει στην αύξηση του φόρτου εργασίας και στην απαίτηση για διαρκή εκπαίδευση. Η πολυπλοκότητα του εξοπλισμού, συνίσταται στην αρχιτεκτονική του συστήματος που βασίζεται σε πολλαπλές συσκευές που εξυπηρετούν διαφορετικές λειτουργίες και διεπαφές χρήστη. Αυτό περιπλέκει την αποτελεσματική εκμάθηση, αλλά και τη χρηστότητα. Επιπλέον, ένας αριθμός συσκευών του συστήματος GMDSS, όπως ο ραδιοσταθμός MF/HF, το Inmarsat C και το DSC, δεν χρησιμοποιούνται συχνά, γεγονός που συνεπάγεται ότι το προσωπικό διατηρεί αυτά τα συστήματα/συσκευές και επιβαρύνεται με διαδικασίες που κυμαίνονται από την εκπαίδευση επί των συσκευών έως γραφειοκρατικές διαδικασίες τήρησης ημερολογίων, μητρώων, ημερήσιων και μηνιαίων αναφορών, αλλά και εργασιών συντήρησης. Το σύνολο αυτών των διαδικασιών διενεργείται χειροκίνητα. Επιπρόσθετα, συστήματα όπως το NAVTEX εν προκειμένω, βασίζεται σε τεχνολογία ραδιοτηλέτυπου, που και χαρακτηρίζεται από αξιοπιστία, εντούτοις δεν είναι ολοκληρωμένο με τα σύγχρονα συστήματα ναυτιλίας, όπως οι ηλεκτρονικοί χάρτες και δεν παρέχει τη δυνατότητα απεικόνισης των πληροφοριών σε οπτικοποιημένα προϊόντα (φωτογραφίες, video), τα οποία είναι πλέον πιο εύληπτα και άμεσης αλληλεπίδρασης με τον τελικό χρήστη. Συνεπώς, το GMDSS και ιδιαίτερα το NAVTEX, το οποίο αποτελεί και αντικείμενο της παρούσας εργασίας πρέπει να μετεξελιχθεί, ώστε να εκσυγχρονιστεί και να ευθυγραμμιστεί με τις λειτουργικές απαιτήσεις που δημιουργεί η τρέχουσα τεχνολογία (Ilchev, 2020).

Συναφώς, οι βασικοί στόχοι του εκσυγχρονισμού αφορούν (IHO, 2010):

α. Μείωση του Ανθρώπινου Λάθους: Πάνω από το 80% των ναυτικών ατυχημάτων οφείλεται σε ανθρώπινο παράγοντα. Το e-navigation απλοποιεί τη διαχείριση της πληροφορίας στη γέφυρα, προλαμβάνοντας τη σύγχυση από τον όγκο των δεδομένων.

β. Καταπολέμηση του "Information Overload": Οι αξιωματικοί γέφυρας χρησιμοποιούν πολλά ασύνδετα συστήματα (Radar, AIS, ECDIS, NAVTEX). Το e-navigation τα ενοποιεί σε μια κοινή ψηφιακή πλατφόρμα.

γ. Εναρμόνιση Επικοινωνιών: Παλαιότερα, οι σταθμοί ξηράς και τα πλοία χρησιμοποιούσαν διαφορετικά πρωτόκολλα. Το e-navigation επιβάλλει παγκόσμια πρότυπα για τη μεταφορά δεδομένων (όπως το S-100 Standard του IHO).

δ. Βελτίωση της Ασφάλειας και της Αποδοτικότητας: Με την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τα κέντρα ελέγχου κυκλοφορίας (VTS) μπορούν να καθοδηγούν τα πλοία με ακρίβεια, μειώνοντας τις καθυστερήσεις και την κατανάλωση καυσίμων.

ε. Κυβερνοασφάλεια (Cybersecurity): Η μετάβαση σε ψηφιακές υποδομές απαιτεί θωρακισμένα από επιθέσεις στον κυβερνοχώρο.

4.2 Η ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑ e-NAVIGATION (Liu, 2021)

Η Πρωτοβουλία **e-navigation** προβλέπει την ψηφιοποίηση των ναυτιλιακών συστημάτων, με σκοπό την εναρμόνιση και τον εκσυγχρονισμό τους. Δεν σχεδιάζει μια αυτόνομη/μεμονωμένη συσκευή, αλλά ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο, μέσω του οποίου θα διασφαλίζεται ότι οι πληροφορίες (χάρτες, καιρός, κίνηση πλοίων) θα συλλέγονται, θα ανταλλάσσονται και παρουσιάζονται με ενιαίο τρόπο μεταξύ πλοίων και ξηράς.

Έτσι η πρωτοβουλία e-navigation εντάχθηκε στο πλαίσιο της προσπάθειας εκσυγχρονισμού των διαδικασιών της Ναυτιλίας που ξεκίνησε ο ΙΜΟ ξεκίνησε το 2006, μεταξύ των οποίων και αυτών της ασφάλειας και του κινδύνου. Το χρονολόγιο εξέλιξής της πρωτοβουλίας περιλαμβάνει τα ακόλουθα ορόσημα:

2005-2006: στην 81η σύνοδο της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (MSC 81) του ΙΜΟ τον Μάιο του 2006, το e-navigation προτείνεται για πρώτη φορά από μια ομάδα κρατών-μελών (μεταξύ των οποίων το Ηνωμένο Βασίλειο, η Νορβηγία και οι ΗΠΑ).

2008: Εγκρίνεται η επίσημη Στρατηγική (Strategy) για την ανάπτυξη του e-navigation (MSC 85), η οποία θέτει τα θεμέλια για την ολοκλήρωση των ναυτιλιακών βοηθημάτων.

2014: Εκπονείται και λαμβάνει έγκριση το Σχέδιο Εφαρμογής Στρατηγικής (Strategy Implementation Plan - SIP), το οποίο καθορίζει αποκλειστικές λύσεις, καθώς και προτεραιότητες για την ψηφιοποίηση των υπηρεσιών.

2015-Σήμερα: Εκκινεί η φάση της σταδιακής υλοποίησης και των πιλοτικής λειτουργίας / δοκιμών (testbeds), όπου δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη του προτύπου **S-100** και στην ψηφιοποίηση των ναυτιλιακών υπηρεσιών (Maritime Services).

Από το χρονολόγιο διαπιστώνεται ότι παρόλο που ο σχεδιασμός ξεκίνησε το 2006, εντούτοις η πλήρης εφαρμογή της στρατηγικής ψηφιοποίησης συνιστά μια συνεχιζόμενη δυναμική διαδικασία, η οποία αναπτύσσεται παράλληλα με την τεχνολογία, και αποσκοπεί στην αντικατάσταση των παραδοσιακών μεθόδων μετάδοσης πληροφοριών με σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία.

Ο κύριος στόχος του e-navigation, όπως εκφράσθηκε με το Στρατηγικό Σχέδιο[21] αποτελεί η εισαγωγή πέντε ωφελημάτων (benefits) στις διαδικασίες της ναυτιλίας:

S1: βελτιωμένη και φιλική προς τον χρήστη σχεδίαση των λειτουργιών της γέφυρας.

S2: μέσα για τυποποίηση και αυτοματοποίηση των αναφορών.

S3: βελτίωση της αξιοπιστίας, της ανθεκτικότητας του εξοπλισμού της γέφυρας και των πληροφοριών ναυσιπλοΐας.

S4: ενσωμάτωση και αυτόματη απεικόνιση των μεταδιδόμενων πληροφοριών μέσω οπτικοποιημένου υλικού.

S5: βελτίωση της επικοινωνίας του χαρτοφυλακίου των υπηρεσιών VTS (δεν περιορίζεται στους σταθμούς VTS).

4.3 Η ΣΧΕΣΗ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ GMDSS και E-NAVIGATION (EfficienSea2, 2017)

Η εκσυγχρονισμένη έκδοση του GMDSS (GMDSS Modernization) και η στρατηγική e-navigation αποτελούν τους δύο πυλώνες του ψηφιακού μετασχηματισμού της ναυτιλίας, που αποσκοπεί στην ενίσχυση της ασφάλειας και την βελτίωση της αποδοτικότητας των επικοινωνιών. Η σχέση τους είναι ταυτόχρονα οργανική και συμπληρωματική, καθώς η αναβάθμιση των συστημάτων κινδύνου αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την υλοποίηση των ψηφιακών υπηρεσιών ναυσιπλοΐας.

Η βασική εργασία έγκειται στη μετάβαση από τις αναλογικές στις ψηφιακές επικοινωνίες. Ο εκσυγχρονισμός του GMDSS, όπως σχεδιάζεται από τον IMO, εισάγει νέους παρόχους δορυφορικών υπηρεσιών (π.χ. Iridium), καθώς και βελτιωμένες τεχνολογίες όπως το VDES (VHF

[21] Strategic Implementation Plan (SIP)

Data Exchange System). Αυτές οι τεχνολογίες συνιστούν το «δίαυλο» μεταφοράς δεδομένων που απαιτεί το e-navigation. Μέσω αυτών, οι πληροφορίες ναυτικής ασφάλειας (MSI), που παλαιότερα λαμβάνονταν πχ ως απλό κείμενο στο NAVTEX, πλέον ενσωματώνονται απευθείας στα συστήματα ECDIS, επιτρέποντας στο προσωπικό να λαμβάνει προειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο και οπτικοποιημένες / ενσωματωμένες στον ψηφιακό χάρτη.

Όπως αναφέρθηκε ένας από τους σκοπούς της στρατηγική e-navigation αποτελεί η μείωση του ανθρώπινου λάθους μέσω της αυτοματοποιημένης συλλογής, ανταλλαγής και απεικόνισης των πληροφοριών. Το εκσυγχρονισμένο GMDSS υποστηρίζει αυτή την τάση καταργώντας παρωχημένες τεχνολογίες (όπως το NBDP[22]) και εισάγοντας συστήματα που απαιτούν λιγότερες χειροκίνητες διαδικασίες.

Καθώς το e-navigation βασίζεται στην αδιάλειπτη ροή δεδομένων, ο εκσυγχρονισμός του GMDSS παρέχει τις εφεδρικές λύσεις (redundancy). Σε περίπτωση όπου μια δορυφορική σύνδεση αποτύχει, τα επίγεια ψηφιακά συστήματα (όπως το VDES[23]) εξασφαλίζουν ότι οι κρίσιμες πληροφορίες ναυσιπλοΐας θα συνεχίσουν να μεταδίδονται. Παράλληλα, και οι δύο πρωτοβουλίες δίνουν βάρος στην κυβερνοασφάλεια των επικοινωνιών πλοίου-ξηράς έναντι των κακόβουλων επιθέσεων.

Συνολικά, ο εκσυγχρονισμός του GMDSS δεν αφορά μόνο τη βελτίωση των διαδικασιών κινδύνου και διάσωσης, αλλά αποτελεί ταυτόχρονα τον άξονα επί του οποίου οικοδομείται το «έξυπνο πλοίο» του μέλλοντος, διασφαλίζοντας ότι η τεχνολογική πρόοδος εξασφαλίζει την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα (Bauk, 2019).

4.4 Η ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ NAVTEX (McGregor, 2014)

Από τα παραπάνω είναι συνάγεται ότι το σύστημα NAVTEX καθόσον αποτελεί έναν από τους κύριους φορείς μετάδοσης πληροφοριών MSI, χρήζει εκσυγχρονισμού. Πράγματι, το σύστημα NAVDAT (Navigational Data) έχει σχεδιαστεί ως ο «ψηφιακός διάδοχος» του NAVTEX και αποτελεί ένα από τους βασικούς πυλώνες, στον οποίο εδράζεται η στρατηγική e-navigation

[22] Το NBDP (Narrow Band Direct Printing), γνωστό και ως Radio Telex, είναι μια μέθοδος ψηφιακής επικοινωνίας κειμένου που χρησιμοποιείται στις ζώνες MF και HF στο πλαίσιο του συστήματος GMDSS. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και στο σύστημα NAVTEX. Με την από 1/1/2024 τροποποίηση SOLAS Chapter IV, οι δέκτες NAVTEX και HF NBDP έπαψαν να είναι υποχρεωτικοί, μπορούν όμως να διατηρηθούν κατά την κρίση του πλοιοκτήτη.

[23] Το VDES (VHF Data Exchange System) θεωρείται η «ψηφιακή επανάσταση» του παραδοσιακού AIS και ο βασικός επίγειος φορέας δεδομένων για το e-navigation.

για τον εκσυγχρονισμό των επικοινωνιών πλοίου-ξηράς (IHO, 2024).

Ενώ το παραδοσιακό σύστημα NAVTEX περιορίζεται στη μετάδοση μηνύματος απλού κειμένου, με πολύ χαμηλή ταχύτητα, το NAVDAT αντιθέτως σχεδιάστηκε εξαρχής ώστε να υποστηρίξει τις απαιτήσεις του e-navigation και συνεπώς τη μετάδοση δεδομένων σε διάφορες μορφές (κείμενο, εικόνα, βίντεο, διαγράμματα, αναμετάδοση εικόνας ραντάρ κ.α.), τα οποία:

α. Θα μεταδίδονται με υψηλές ταχύτητες έως και 30 kbps (έναντι των μόλις 100bps του NAVTEX), ώστε να μεταφέρονται σύνθετα αρχεία, όπως ψηφιακοί χάρτες, εικόνες ραντάρ και μετεωρολογικά διαγράμματα.

β. Θα ενσωματώνονται απευθείας στο ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems), εκπληρώνοντας με αυτό τον τρόπο την απαίτηση του e-navigation για την παροχή «ενιαίας εικόνας» της κατάστασης στη γέφυρα.

γ. Θα υποστηρίζει τη λειτουργία Maritime Service Portals, όπου θα λαμβάνει από τα παράκτια κέντρα φιλτραρισμένες πληροφορίες που θα αφορούν συγκεκριμένα πλοία ή συγκεκριμένες περιοχές. Με αυτό τον τρόπο θα βελτιωθεί η διαχείριση των πληροφοριών MSI (Bauk, 2019) και θα αποτραπεί ο κορεσμός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ S-100

5.1 ΙΣΤΟΡΙΑ S-100

Αποτέλεσμα των διεργασιών για τη μετεξέλιξη των ναυτιλιακών εφαρμογών υπήρξε η δημιουργία του προτύπου **S-100**[24], το οποίο στοχεύει στην ψηφιοποίηση των υδρογραφικών και ναυτιλιακών πληροφοριακών εφαρμογών και υπηρεσιών, οι οποίες θα επιτρέπουν την εκμετάλλευση και ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων μεταξύ των ναυτιλιακών συστημάτων. Το πρότυπο αυτό δημιουργήθηκε και αναπτύσσεται από τον Διεθνή Υδρογραφικό Οργανισμό (IHO)[25].

Το πρότυπο S-100, πρόκειται να αντικαταστήσει το υφιστάμενο πρότυπο S-57. Το τελευταίο είχε υιοθετηθεί από τον IHO το 1992 και έκτοτε αποτέλεσε το πλαίσιο τυποποίησης για τους Ηλεκτρονικούς Χάρτες (ENCs)[26], οι οποίοι αντικατέστησαν τους «φυσικούς»[27] χάρτες. Ωστόσο, αν και το πρότυπο S-57 αποτέλεσε μια σημαντική καινοτομία για τη ναυτιλία, εντούτοις είχε περιορισμένες δυνατότητες καθόσον, δεν επέτρεπε την ολοκλήρωση (στους ηλεκτρονικούς χάρτες) δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως για παράδειγμα καιρικές συνθήκες, ρεύματα, θαλάσσιοι κίνδυνοι και κάθε άλλου είδους δυναμική πληροφορία[28] (Admirality, 2024).

Στις αρχές του 21ου αιώνα και με τη ραγδαία πρόοδο της τεχνολογίας και ιδιαίτερα των τεχνολογιών διαδικτύου, κατέστη σαφές ότι το πρότυπο S-57 δεν ήταν επαρκές για τη ναυτιλία. καθόσον, κατέστη σαφές ότι η τεχνολογία προσέφερε πιο ευέλικτα προϊόντα. Έτσι το 2001, ο IHO αποφάσισε να αναπτύξει ένα νέο πρότυπο το οποίο θα αντικαθιστούσε το υφιστάμενο. Το 2005, οι εργασίες κατέληξαν στη μετάβαση από το υφιστάμενο S-57 στο νέο πρότυπο S-100, το οποίο και υιοθετήθηκε το 2010 ως το επίσημο νέο διεθνές πρότυπο για τις υδρογραφικές και ναυτιλιακές υπηρεσίες. (IHO, 2026)

5.2 ΤΙ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΟ S-100

Αυτό που θα πρέπει να καταστεί σαφές είναι ότι το S-100 δεν αποτελεί ένα παραδοσιακό χάρτη, επί του οποίου απεικονίζονται πληροφορίες, αλλά ένα toolbox, το οποίο επιτρέπει σε όλα

[24] Universal Hydrographic Data Model
[25] International Hydrographic Organization
[26] Electronic Navigational Charts.
[27] Εννοούνται οι χάρτινοι παραδοσιακοί χάρτες που χρησιμοποιούσε επί αιώνες η ναυτιλία.
[28] Με τον όρο δυναμική πληροφορία εννοείται κάθε είδους πληροφορίας που εξελίσσεται χρονικά με σχετικό γρήγορο ρυθμό.

τα πρότυπα να παρέχουν ψηφιακά δεδομένα σχετικά με τη ναυσιπλοΐα και το θαλάσσιο περιβάλλον. Τα δεδομένα αυτά απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο επί των ηλεκτρονικών χαρτών. Επίσης, το κάθε σύμβολο προβλέπεται πλέον από ένα σετ ενιαίων κανόνων, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι κάθε πληροφορία θα απεικονίζεται με τον ίδιο τρόπο (format, σύμβολο κλπ).

Το πρότυπο S-100 περιλαμβάνει μια σειρά προδιαγραφών, οι οποίες τυποποιούν προϊόντα και υπηρεσίες. Οι προδιαγραφές αυτές αναπτύσσονται από αρμόδιες επιτροπές του IHO, αλλά και άλλους συναρμόδιους φορείς όπως είναι ο IMO, ο IALA, ο WMO, ο IOC οι οποίοι είναι σχετικοί με τη ναυτιλία (CHS, 2025).

Τα κυριότερα πρότυπα της ψηφιακής ναυτιλίας είναι τα ακόλουθα (IHO, 2026):

S-101: Ηλεκτρονικοί Ναυτικοί Χάρτες (ENC) - Ο διάδοχος του S-57.

S-102: Βαθυμετρική Επιφάνεια (Bathymetric Surface).

S-103: Υποβρύχια Ναυσιπλοΐα (Sub-surface Navigation).

S-111: Επιφανειακά Θαλάσσια Ρεύματα (Surface Currents).

S-121: Θαλάσσια Όρια και Περιοχές (Maritime Limits and Boundaries).

S-122: Θαλάσσιες Προστατευόμενες Περιοχές (Marine Protected Areas).

S-123: Θαλάσσιες Ραδιοϋπηρεσίες (Marine Radio Services).

S-124: Ναυτιλιακές Προειδοποιήσεις (Navigational Warnings).

S-125: Ναυτιλιακά Βοηθήματα (Marine Aids to Navigation - AtoN).

S-126: Θαλάσσιο Φυσικό Περιβάλλον (Marine Physical Environment).

S-127: Διαχείριση Θαλάσσιας Κυκλοφορίας (Marine Traffic Management).

S-128: Κατάλογος Ναυτιλιακών Προϊόντων (Catalogue of Nautical Products).

S-131: Λιμενικές Υποδομές (Marine Harbour Infrastructure).

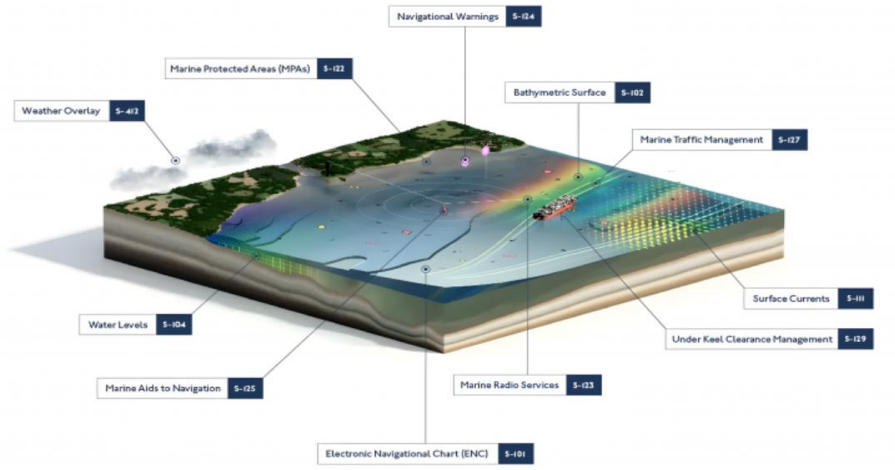
Εικόνα 6 Πλοήγηση στον κόσμο του S100[29]

5.3 ΤΙ ΑΛΛΑΖΕΙ ΣΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ;

Με την υιοθέτηση του πρότυπου S-100, εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα των πληροφοριών, καθώς το προσωπικό του πλοίου λαμβάνει τα δεδομένα στο ίδιο περιβάλλον (οθόνη ECDIS) και σε επίπεδα (layers) πληροφορίας. Η δε χρήση τεχνολογίας Artificial Intelligence (AI) βοηθά στη σύνδεση των δεδομένων του πλοίου με τις λαμβανόμενες πληροφορίες, ώστε να απεικονίζει επικίνδυνες ζώνες ή αντικείμενα ενδιαφέροντος. Για πχ μπορεί να συνδέει το στίγμα (θέση) ή την πορεία του πλοίου με μια πληροφορία για ένα αντικείμενο στη θάλασσα ή μια πληροφορία για μια περιοχή στρατιωτικών ασκήσεων[30] και να «χρωματίζει» αυτή την περιοχή, προκειμένου να επισημάνει τον επερχόμενο κίνδυνο και με αυτό τον τρόπο να συνδράμει στη λήψη κατάλληλων αποφάσεων για την ασφάλεια του πλοίου. Μέχρι σήμερα, το προσωπικό λάμβανε αυτή την πληροφορία από διαφορετικά, αυτόνομα, συστήματα και στη συνέχεια την υποτύπωνε χειροκίνητα στους χάρτες (ηλεκτρονικούς ή παραδοσιακούς). Από τη μέχρι σήμερα διαδικασία πηγάζουν κίνδυνοι που σχετίζονται με καθυστερήσεις στην υποτύπωση των

[29] Πηγή: IHO
[30] Πληροφορίες που λαμβάνονται από τα συστήματα NAVTEX αλλά δεν ενσωματώνονται αυτόματα στους ηλεκτρονικούς χάρτες και συνεπώς θα πρέπει να απεικονιστούν χειροκίνητα

πληροφοριών, με την απαίτηση επιπρόσθετης εργασίας για το προσωπικό, με αυξημένη πιθανότητα ακούσιας παράλειψης ή ανθρώπινου λάθους, με ότι αυτά μπορεί να συνεπάγεται για την ποιότητα των προσλαμβανουσών δεδομένων (input) στη διαδικασία λήψης απόφασης και εν τέλει στην ασφάλεια του πλοίου.



Εικόνα 7 Επίπεδα Πληροφορίας[31]

Επιπλέον, λόγω της λειτουργίας σε επίπεδα (layers), αποφεύγεται ο κορεσμός πληροφοριών επί του χάρτη (ηλεκτρονικού ή φυσικού), καθώς το προσωπικό επιλέγει τα επίπεδα των πληροφορίων που θα απεικονίζονται σε κάθε χρονική στιγμή, ανάλογα με τη τρέχουσα κατάσταση ή/και την περιοχή του πλου.

Τέλος, τα δεδομένα S-100 είναι «μηχανικά αναγνώσιμα» (machine-readable) με υψηλό επίπεδο ακρίβειας, γεγονός που επιτρέπει στα συστήματα του πλοίου να κατανοούν και να εκμεταλλεύονται τεχνολογίες AI. Συναφώς, είναι σε θέση (τα συστήματα) να ερμηνεύουν το θαλάσσιο περιβάλλον σε σχέση με τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του πλοίου (SeaandJob, 2025).

Η φάση εισαγωγής του νέου προτύπου ξεκίνησε με την έναρξη του τρέχοντος έτους, ενώ από το 2029, κάθε νέο πλοίο θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ηλεκτρονικούς χάρτες με βάση το πρότυπο S-100 και σταδιακά θα καταργηθεί το S-57 από τα παλαιότερα πλοία.

5.4 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ S-124 ΚΑΙ ΤΟ NAVDAT

Υπό αυτό το ανωτέρω πλαίσιο μετεξέλιξης (transformation), των ναυτιλιακών υπηρεσιών, αναπτύσσεται η νέα υπηρεσία παροχής ναυτιλιακών προειδοποιήσεων (Navigational Warnings) η

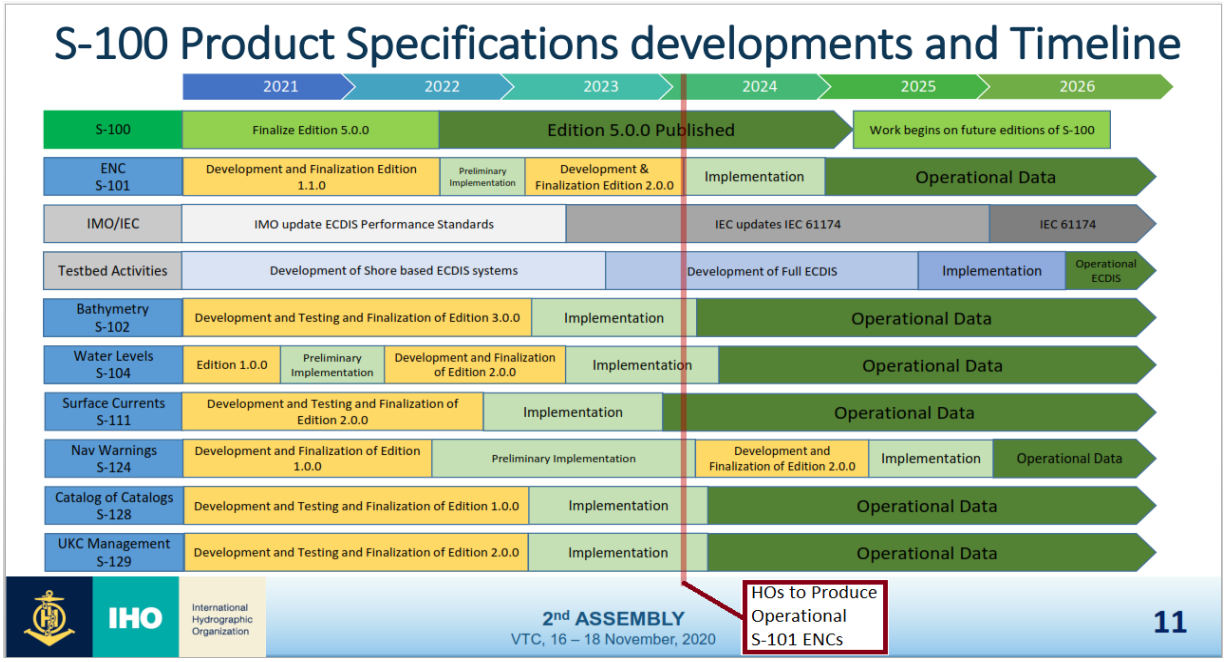
[31] Πηγή hydro-international

οποία μέχρι σήμερα βασίζεται στο σύστημα NAVTEX. Η νέα υπηρεσία στηρίζεται στο πρότυπο S-124 και στο NAVDAT (για οποίο αναφέρθηκαν κάποια στοιχεία στο κεφάλαιο 4).

Ο νέος μηχανισμός του πρότυπου **S-124** και του **NAVDAT,** βασίζεται στο το μεν πρώτο διαμορφώνει το περιεχόμενο του μηνύματος, δηλαδή τις πληροφορίες, ενώ το δεύτερο αποτελεί το μέσο μετάδοσης της πληροφορίας.

Το S-124 αντικαθιστά τα μηνύματα μορφής κειμένου (text-only), τα οποία μεταδίδονται μέχρι σήμερα από το NAVTEX, είναι ψηφιακό γεγονός που παρέχει μια προειδοποίηση πχ για ένα σβηστό φάρο ή μια περιοχή ασκήσεων να απεικονίζεται σε πραγματικό χρόνο (αυτόματα) με ένα καθορισμένο, ενιαίο για κάθε σύστημα, σύμβολο επί του ηλεκτρονικού χάρτη.

Αντίστοιχα, το NAVDAT, αποτελεί σύστημα εκπομπής που αντικαθιστά τη συσκευή NAVTEX, λειτουργεί στο ίδιο φάσμα συχνοτήτων (MF και HF), ωστόσο μεταδίδει τα δεδομένα με υψηλότερη ταχύτητα, γεγονός που επιτρέπει την αποστολή αρχείων κάθε μορφής (κείμενο, φωτογραφία, βίντεο) αντί για τα μέχρι σήμερα απλά κείμενα τηλετύπου.



Εικόνα 8 Ανάπτυξη Προτύπων S-100[32]

Ωστόσο, αν και οι προδιαγραφές του NAVDAT έχουν εγκριθεί, δεν έχει καθοριστεί από τον IMO ένας συγκεκριμένος οδικός χάρτης για τη μετάβαση από το NAVTEX στο NAVDAT.

[32] Πηγή: IHO

Χώρες όπως η Γαλλία και η Κίνα έχουν ξεκινήσει την, σε πειραματικό στάδιο, εκπομπή μέσω του συστήματος NAVDAT. Σύμφωνα με τον IMO, η συζήτηση για την οριστικοποίηση της μετάβασης θα ξεκινήσει το 2029-2030 οπότε και τα πρώτα πλοία με εξοπλισμό S-100 θα βρίσκονται σε υπηρεσία και συνεπώς θα υπάρξει η απαίτηση για ψηφιακή μετάδοση των δεδομένων. Αυτό το οποίο θα πρέπει να αναμένεται, είναι μια μεταβατική περίοδος της τάξεως των 10 ετών (έως το 2040), όπου τα δύο συστήματα θα λειτουργούν παράλληλα, μέχρι όλα τα κράτη να αποκτήσουν πομπούς NAVDAT και αντίστοιχα και οι ναυτιλιακές εταιρείες να εξοπλίσουν τα πλοία τους (Wang & Yi, 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ S-124

6.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω ο τρόπος με τον οποίο παρέχεται μια ναυτιλιακή προειδοποίηση με το νέο ψηφιακό σύστημα, διενεργείται σε τρεις φάσεις: αρχικά όταν μια αρμόδια υδρογραφική υπηρεσία εκδίδει μια επείγουσα προειδοποίηση σε μορφή S-124. Στη συνέχεια το αρχείο αυτό μεταδίδεται στο πλοίο μέσω της ψηφιακής συχνότητας του NAVDAT (ή μέσω δορυφόρου), οπότε στη συνέχεια απεικονίζεται στο σύστημα ηλεκτρονικών χαρτών ECDIS του πλοίου οπότε και «χρωματίζει» αυτόματα την επικίνδυνη περιοχή.

Εικόνα 9 Δέκτης NAVDAT[33]

6.2 Η ΑΝΑΓΚΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Από το 1950, οι υπηρεσίες ναυτιλιακών προειδοποιήσεων (π.χ. διακοπές φαρικού δικτύου, περιοχές στρατιωτικών ασκήσεων, ναυάγια, δυσμενή καιρικά φαινόμενα) μεταδίδονταν από το σύστημα WWNWS[34] και λαμβάνονταν από τα πλοία μέσω του NAVTEX ή μέσω δορυφορικών τερματικών (SafetyNET). Ανέκαθεν, αλλά ιδιαίτερα από τη στιγμή που καθιερώθηκαν οι ηλεκτρονικοί χάρτες, ο τρόπος παροχής πληροφοριών κατέστη δύσχρηστος, καθώς οι πληροφορίες αυτές λαμβάνονταν ως απλό κείμενο, συνεπώς το προσωπικό γέφυρας έπρεπε να διαβάσει το κείμενο, να εντοπίσει τις συντεταγμένες στο χάρτη και να σχεδιάσει χειροκίνητα την πληροφορία στον χάρτη, μια διαδικασία η οποία ήταν χρονοβόρα, απαιτούσε εκπαίδευση και ήταν

[33] Πηγή: NAUTELNAV
[34] World-Wide Navigational Warning Service

επιρρεπής σε λάθη αλλά και έλλειψη τυποποίησης (ως προς την αποτύπωση της πληροφορίας).

Κατόπιν της υιοθέτησης του προτύπου S-100 το 2010, ο IHO και ο IMO αντιλήφθηκαν ότι οι ναυτιλιακές προειδοποιήσεις θα έπρεπε να μετεξελιχθούν ώστε να καταστούν «μηχανικά αναγνώσιμες». Για το σκοπό αυτό, συγκροτήθηκε η ομάδα εργασίας S-124 Correspondence Group, προκειμένου να εκπονήσει ένα μοντέλο δεδομένων, βάσει του οποίοι οι προειδοποιήσεις θα εμφανίζονταν αυτόματα στους ψηφιακούς χάρτες ως γεωμετρικά σχήματα (σημεία, γραμμές ή πολύγωνα).

Από το 2016 έως το 2023, το S-124 αναπτύχθηκε από διεθνή projects[35]. Η δοκιμαστική χρήση του προτύπου κατέδειξε τα πλεονεκτήματά του καθώς μειώνει τον φόρτο εργασίας στη γέφυρα, αυτοματοποιεί τις διαδικασίες, βελτιώνει την ασφάλεια και μειώνει (εξαλείφει) τον αριθμό λαθών και παραλείψεων.

6.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΩΝ ΒΑΣΕΙ S-124 (IHO, 2019)

Στο πρότυπο S-100 ECDIS (Adediran, 2026), οι προειδοποιήσεις S-124 δεν θα μεταδίδονται ως απλό κείμενο σε μια λίστα, αλλά θα είναι γεωμετρικά σχήματα πάνω στον χάρτη. Η οπτική απεικόνιση θα λειτουργεί ως εξής:

α. Αυτόματα Σύμβολα και Σχήματα

Ανάλογα με το είδος της προειδοποίησης, το σύστημα θα σχεδιάζει αυτόματα: Σημεία (Points)[36], γραμμές (Lines)[37] πολύγωνα (Areas)[38]

β. «Hot Click» Πληροφορία, όπου όταν ο χειριστής επιλέξει πάνω στο σχήμα[39], θα ανοίγει ένα παράθυρο (pop-up) με πληροφορίες που περιέχονται στο πακέτο της πληροφορίας S-124, όπως: η αιτία της προειδοποίησης, το χρονικό παράθυρο (έναρξη/λήξη), τυχόν κατευθυντήριες οδηγίες,

γ. Φιλτράρισμα βάσει Πορείας (Route Monitoring), όπου το σύστημα θα μπορεί να επισημαίνει τις προειδοποιήσεις επί του δρομολόγιου (πορείας) του πλοίου, αποκρύπτει (Clutter control), προειδοποιήσεις που δεν αφορούν το πλοίο λόγω περιοχής πλεύσης, χρόνου διέλευσης

[35] όπως το STM Validation και το SMART Navigation
[36] Ένα ειδικό εικονίδιο (π.χ. ένας κίτρινος ή πορτοκαλί κύκλος με θαυμαστικό) πάνω σε έναν φάρο που έχει σβήσει ή σε ένα νέο εμπόδιο.
[37] Για περιοχές όπου απαγορεύεται η διέλευση λόγω πόντισης καλωδίων ή αγωγών.
[38] Μια σκιασμένη περιοχή (συνήθως με διαγράμμιση) για στρατιωτικές ασκήσεις, περιοχές έρευνας και διάσωσης (SAR) ή θαλάσσια ρύπανση.
[39] π.χ. στο πολύγωνο της άσκησης

από μια περιοχή, ώστε να αποφεύγεται ο κορεσμός του χάρτη με περιττές πληροφορίες.

δ. Χρωματική Κωδικοποίηση με βάσει το επίπεδο κινδύνου[40].

ε. Αλληλοεπίδραση με το Alarm, όπου αν η πορεία του πλοίου διέρχεται από θέση/περιοχή που υφίσταται προειδοποίηση, τότε το ECDIS θα σημαίνει οπτικό και ηχητικό συναγερμό[41].

Εικόνα 10 – Παραδείγματα απεικόνισης Προειδοποιήσεων[42]

6.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (IHO, 2019)

Σε τεχνικό επίπεδο το πρότυπο S-124 δεν είναι ένα απλό αρχείο κειμένου, αλλά ένα σύνθετο μοντέλο δεδομένων (Data Model) σχεδιασμένο βάσει του πρότυπου S-100. Η αρχιτεκτονική του επιτρέπει την αυτόματη επεξεργασία από τα συστήματα ηλεκτρονικών χαρτών του πλοίου. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του συνοψίζονται:

α. Format και Δομή Δεδομένων

[40] Τα χρώματα θα ακολουθούν τα πρότυπα του S-98 για τη διαλειτουργικότητα:
Κόκκινο/Πορτοκαλί: Για άμεσους κινδύνους (π.χ. νέο ναυάγιο).
Κίτρινο/Μπλε: Για λιγότερο κρίσιμες πληροφορίες ή περιορισμούς ναυσιπλοΐας.
[41] Ακριβώς όπως κάνει σήμερα για τα αβαθή (safety contour)
[42] Πηγή IHO

GML (Geography Markup Language), χρησιμοποιεί το format GML[43] για την κωδικοποίηση των γεωγραφικών πληροφοριών. Αυτό επιτρέπει την περιγραφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων με ακριβείς συντεταγμένες. Το GML είναι μια γραμματική XML που έχει σχεδιαστεί για την έκφραση γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Χρησιμεύει ως γλώσσα μοντελοποίησης για γεωγραφικά συστήματα, καθώς και ως ανοιχτή μορφή ανταλλαγής για γεωγραφικές συναλλαγές. Η παρουσία χαρακτηριστικών πρέπει να επικυρώνεται σε σχέση με το σχήμα και να συμμορφώνεται με όλες τις άλλες απαιτήσεις που καθορίζονται στην παρούσα προδιαγραφή προϊόντος δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων όλων των περιορισμών που δεν περιλαμβάνονται στο έγγραφο σχήματος XML.

ISO 19100 Series: Είναι πλήρως εναρμονισμένο με τα διεθνή πρότυπα γεωχωρικών δεδομένων του ISO και συγκεκριμένα με το πρότυπο της σειράς ISO 19136 (GML), το οποίο και καθορίζει πώς γράφουμε σε XML τις γραμμές και τα πολύγωνα του S-124 και το ISO 19117 (Portrayal), το οποίο καθορίζει τους κανόνες για το πώς ένα ψηφιακό δεδομένο (π.χ. ένας βράχος) μετατρέπεται σε σύμβολο στην οθόνη.

β. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά (Portrayal)

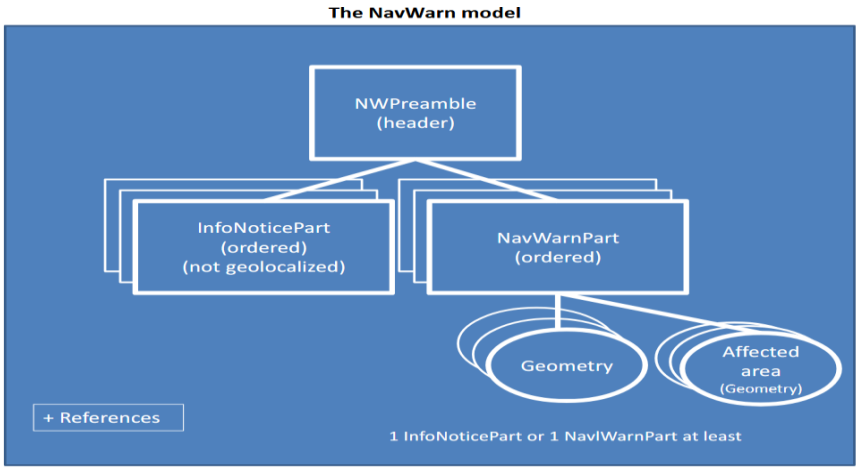
Το S-124 ορίζει τρεις τύπους γεωμετρίας για τις προειδοποιήσεις:

Point (Σημείο): Για μεμονωμένους κινδύνους (π.χ. ένας σβηστός φάρος ή μια σημαδούρα που παρασύρθηκε).

Curve/Line (Γραμμή): Για γραμμικά εμπόδια (π.χ. πόντιση καλωδίων).

Surface/Polygon (Επιφάνεια): Για περιοχές (π.χ. ζώνες πυρών, περιοχές SAR, θαλάσσια ρύπανση).

[43] Βασισμένο στην XML(Extensible Markup Language), το οποίο είναι μια γλώσσα σήμανσης που σχεδιάστηκε για την αποθήκευση και μεταφορά δεδομένων με τρόπο που να είναι αναγνώσιμος τόσο από ανθρώπους όσο και από μηχανές.



Εικόνα 11 Navigational Warning[44]

γ. Μεταδεδομένα (Metadata) και Ιδιότητες

Τα μεταδεδομένα (Metadata) ενός συνόλου δεδομένων S-124, αποτελούν την «ταυτότητα» των ψηφιακών ναυτιλιακών προειδοποιήσεων και βασίζονται στο πρότυπο ISO 19115. Η ύπαρξή τους είναι κρίσιμη, καθώς επιτρέπουν στο ECDIS να αναγνωρίζει την προέλευση, την εγκυρότητα και το είδος της πληροφορίας πριν την προβάλει στο προσωπικό της γέφυρας. Τεχνικά, τα metadata του S-124 περιλαμβάνουν το «μοναδικό αναγνωρίστη» (MRN) του μηνύματος, τον φορέα έκδοσης, τη γλώσσα και τη γεωγραφική έκταση ισχύος. Το σημαντικότερο στοιχείο τους είναι τα χρονικά μεταδεδομένα (Temporal Attributes), που ορίζουν την ακριβή έναρξη και λήξη μιας προειδοποίησης. Χάρη σε αυτά, το σύστημα μπορεί να φιλτράρει αυτόματα ληγμένες πληροφορίες, μειώνοντας τον φόρτο εργασίας στη γέφυρα. Επιπλέον, περιέχουν στοιχεία ψηφιακής πιστοποίησης, διασφαλίζοντας την κυβερνοασφάλεια (Cyber Security) και την ακεραιότητα των δεδομένων. Σε μια επιθεώρηση Vetting ή PSC, τα metadata αποτελούν την απόδειξη ότι το πλοίο χρησιμοποιεί ενημερωμένα και επίσημα δεδομένα για τον ασφαλή πλου, καθιστώντας τα τον πυρήνα του «ψηφιακού κόσμου» που φέρει το πρότυπο S-100.

Η περιγραφή των μεταδεδομένων (metadata) του S-124 καθορίζεται στο τμήμα του εγγράφου μεταδεδομένων S-100, το οποίο αποτελεί προφίλ του προτύπου ISO 19115. Τα έγγραφα αυτά παρέχουν μια δομή για την περιγραφή ψηφιακών γεωγραφικών δεδομένων και ορίζουν στοιχεία μεταδεδομένων, ένα κοινό σύνολο ορολογίας μεταδεδομένων, ορισμούς και διαδικασίες επέκτασης. Κάθε αντικείμενο S-124 περιλαμβάνει υποχρεωτικά πεδία πληροφοριών:

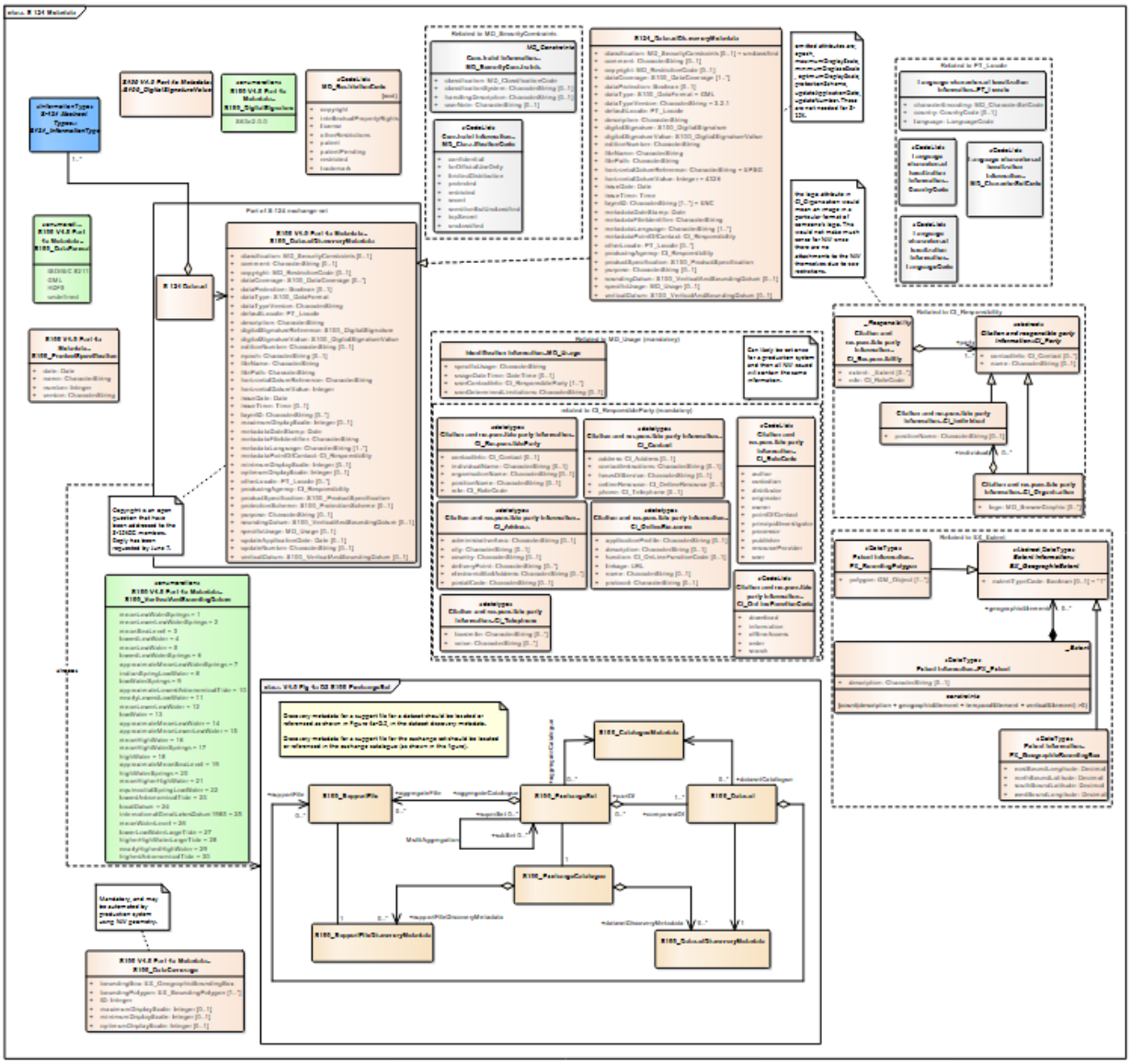
[44] (Conin, 2017)

Warning Category: με σκοπό την ταξινόμηση της προειδοποίησης (π.χ. Navigational Warning, Coastal Warning, Local Warning).

Temporal Attributes (Χρονικά Στοιχεία): για τον καθορισμό του χρόνου έναρξης και του χρόνου λήξης (Date/Time Start & End) ενός συμβάντος, ώστε το ECDIS να μην εμφανίζει μια προειδοποίηση όταν έχει παρέλθει ο χρόνος ισχύος.

Source Language: παρέχει τη δυνατότητα για την μετάδοση της πληροφορίας σε περισσότερες γλώσσες (συνήθως Αγγλικά και την τοπική γλώσσα του σταθμού εκπομπής).

Unique Identifier (MRN): κάθε προειδοποίηση λαμβάνει έναν μοναδικό αριθμό (Maritime Resource Name) ώστε να αποφεύγεται πιθανή σύγχυση αλλά και διπλοεγγραφές.



Εικόνα 12 Metadata[45]

δ. Διαλειτουργικότητα (Interoperability)

Το S-124 έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε Layers (Επίπεδα), μέσω του προτύπου S-98. Το σύστημα αποφασίζει ποια προειδοποίηση S-124 υπερτερεί έναντι των στατικών πληροφοριών του χάρτη S-101 και επιτρέπει το φιλτράρισμα, βάσει των χαρακτηριστικών του δρομολογίου, του χρόνου και των χαρακτηριστικών του πλοίου (πχ αν υφίσταται μια προειδοποίηση για το βυθό η οποία όμως δεν επηρεάζει το πλοίο βάσει του βυθίσματός του, τότε δεν θα εμφανιστεί).

ε. Ασφάλεια και Πιστοποίηση

[45] Πηγή IMO

Τα πακέτα δεδομένων πληροφοριών S-124 φέρουν ψηφιακές υπογραφές προκειμένου να διασφαλίζεται ότι η πληροφορία έχει προέλευση (παράγεται) από την αρμόδια Υδρογραφική Υπηρεσία της περιοχής και δεν έχει υποστεί αλλοίωση / στρέβλωση (Cyber Security).

στ. Exchange set

Αποτελεί το ψηφιακό «πακέτο» το οποίο λαμβάνεται στο πλοίο (μέσω NAVDAT ή VSAT) και περιέχει: τα αρχεία GML (τις προειδοποιήσεις με τις συντεταγμένες τους), τον Exchange Catalogue (CATALOG.XML), ο οποίος είναι πίνακας περιεχομένων που επικοινωνεί με το ECDIS και ενημερώνει για τα περιεχόμενά του (πχ 5 νέες προειδοποιήσεις και 2 ακυρώσεις), τους καταλόγους απεικόνισης (Portrayal) και κρυπτογράφησης.

ζ. Dataset του S-124

Αποτελεί το τελικό ψηφιακό αρχείο το οποίο περιλαμβάνει τις Ναυτιλιακές Προειδοποιήσεις και κατευθύνεται για άμεση εισαγωγή στο σύστημα ψηφιακών χαρτών. Σε αντίθεση με το κείμενο του NAVTEX, είναι ένα δομημένο σύνολο γεωχωρικών δεδομένων. Η δομή του συνίσταται σε αρχείο μορφής GML το οποίο περιέχει ένα ή περισσότερα «Features» (αντικείμενα), είτε πρόκειται για Γεωγραφικά (Geographic Objects) είτε για πληροφοριακά (Information Objects).

Τα datasets δεν αντικαθιστούν ολόκληρο τον χάρτη, αλλά προσθέτουν ένα προσωρινό «επίπεδο ή στρώμα» (overlay) πληροφορίας πάνω από τον S-101 ENC.

6.5 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Προκειμένου το ECDIS να διαχειριστεί τα πακέτα πληροφορίας (αρχεία GML) του προτύπου S-124, τα οποία είναι πολλαπλών επιπέδων, σύνθετα και σε πραγματικό χρόνο οι απαιτήσεις του hardware αυξάνονται συγκριτικά με τα προηγούμενα συστήματα:

α. Απαιτούνται πολυπύρηνοι επεξεργαστές (Multi-core CPU).

β. Μνήμη RAM τουλάχιστον 8GB έως 16GB (έναντι των 2-4GB παλαιότερα), ώστε το σύστημα να παραμένει λειτουργικό όταν φορτώνει εκατοντάδες ψηφιακές προειδοποιήσεις ταυτόχρονα.

γ. Υποχρεωτική χρήση δίσκων SSD για ταχύτατη ανάγνωση/εγγραφή των βάσεων δεδομένων και της ανανέωσης δεδομένων τα οποία λαμβάνονται μέσω των συστημάτων VSAT ή NAVDAT.

δ. Κάρτα Γραφικών (GPU) με υψηλή ανάλυση, η οποία θα επιτρέπει τη διάκριση των

συμβόλων αλλά και τις διαβαθμίσεις των χρωμάτων και παράλληλα τη μετακίνηση στο χάρτη (scrolling) αλλά και μεγέθυνση / σμίκρυνση (zoom).

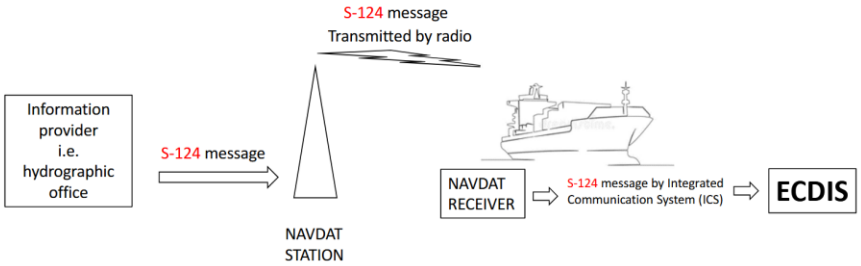
ε. Gigabit Ethernet, για την ταχεία μεταφορά δεδομένων από το δέκτη NAVDTA ή το δορυφορικό τερματικό.

στ. Cybersecurity Hardware (TPM) για την επαλήθευση των ψηφιακών υπογραφών των αρχείων S-124, αλλά και τη διασφάλιση της αυθεντικότητας των προειδοποιήσεων.

ζ. Συμμόρφωση με τα Πρότυπα IEC 61174 και S-98.

Κεφάλαιο 7 – NAVDAT

Το NAVDAT αποτελεί τον «ψηφιακό δίαυλο» μέσω του οποίου η πληροφορία η οποία δομείται με βάση το πρότυπο S-124 λαμβάνεται από τα συστήματα του πλοίου. Χωρίς την ύπαρξη του NAVDAT (ή παρόμοιου ευρυζωνικού συστήματος), η αποστολή των δεδομένων του S-124 θα ήταν πολύ αργή ή αδύνατο να παραληφθεί από το χρήστη.

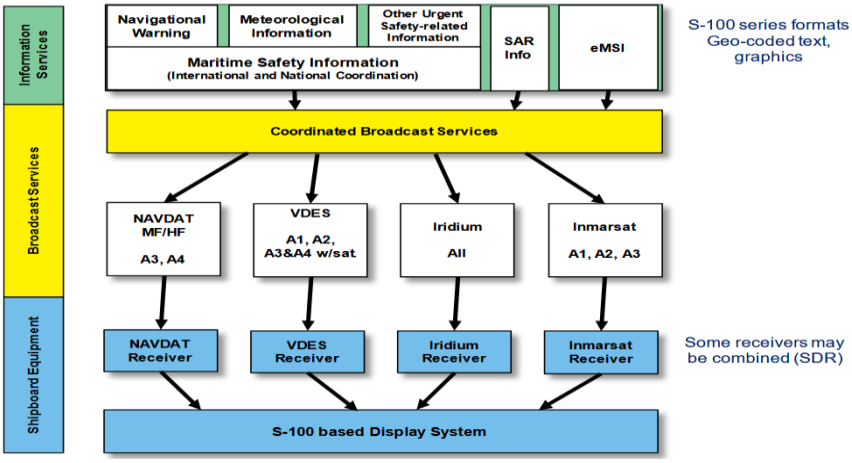


Εικόνα 13 Μετάδοση NAVDAT[46]

7.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Το NAVDAT είναι μια διεθνής αυτοματοποιημένη ψηφιακή υπηρεσία για τη διάδοση πληροφοριών σχετικά με την ασφάλεια στη ναυτιλία (MSI) και πληροφορίες σχετικά με την έρευνα και διάσωση (SAR). Αναπτύχθηκε με σκοπό να παρέχει ένα χαμηλού κόστους, απλό και αυτοματοποιημένο μέσο λήψης πληροφοριών MSI και SAR στα πλοία που βρίσκονται στη θάλασσα στην περιοχή εξυπηρέτησης. Οι πληροφορίες που μεταδίδονται μπορεί να αφορούν πλοία όλων των μεγεθών και τύπων, ενώ η δυνατότητα επιλεκτικής απόρριψης μηνυμάτων εξασφαλίζει ότι οι ναυτικοί μπορούν να λαμβάνουν εκπομπές πληροφοριών MSI και SAR που είναι προσαρμοσμένες στις ιδιαίτερες ανάγκες τους.

[46] Πηγή: WWNWS (Captain Cornillou, 2022)



Εικόνα 14 Μελλοντική Δομή των Information Service του GMDSS[47]

Το NAVDAT αποτελεί συστατικό στοιχείο του WWNWS του IMO/IOX και της Παγκόσμιας Υπηρεσίας Πληροφοριών και Προειδοποίησης για τον Ωκεανό και τον Καιρό (WWMIWS) του IMO/MOM, όπως ορίζεται από τις αποφάσεις A.706(17), όπως τροποποιήθηκε από την A.1051(27). Έχει επίσης συμπεριληφθεί ως στοιχείο που πληροί τις απαιτήσεις του GMDSS.

7.2 ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η χρήση μίας μόνο συχνότητας στη ζώνη MF ή HF, με μεταδόσεις από παράκτιους σταθμούς εντός και μεταξύ των NAVAREAs και METAREAs που συντονίζονται με βάση την κατανομή χρόνου, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος αμοιβαίας παρεμβολής. Οι ακόλουθες συχνότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις εκπομπές NAVDAT, όπως υποδεικνύεται στην Εικόνα 15 παρακάτω:

[47] Πηγή: (Conin, 2017)

500 kHz and 4 226 kHz	
Type of service:	International
Content:	MSI and SAR related information
Language:	English
Coordination:	By IMO NAVTEX Coordinating Panel with an assigned coast station identification code
Other National or Regional frequencies allocated by ITU for NAVDAT broadcasts	
Type of service:	National
Content:	MSI and SAR related information
Language:	As selected by the national Administration
Coordination:	By appropriate national Administration. Coast station identification code allocated by IMO NAVTEX Coordinating Panel
Other national frequencies allocated by countries	
Type of service:	National
Content:	As selected by the national Administration
Language:	As selected by the national Administration
Coordination:	By appropriate national Administration Coast station identification code allocated by IMO NAVTEX Coordinating Panel

Εικόνα 15 Γενικά Χαρακτηριστικά NAVDAT[48]

Το σύστημα αποτελείται από ένα ειδικό δέκτη NAVDAT, ο οποίος περιλαμβάνει ραδιοδέκτες, έναν επεξεργαστή σημάτων και είτε μια ενσωματωμένη ειδική συσκευή απεικόνισης με θύρα διασύνδεσης και μνήμη μη πτητικών μηνυμάτων, και/ή μια σύνδεση με ένα ενσωματωμένο σύστημα πλοήγησης και μια μνήμη μη πτητικών μηνυμάτων, η οποία έχει τη δυνατότητα να επιλέγει τα μηνύματα που θα προβάλλονται και θα αποθηκεύονται σε μια μνήμη σύμφωνα με τον κωδικό που εμφανίζεται στην προοίμιο κάθε μηνύματος, και ανεξάρτητα από το αν το συγκεκριμένο μήνυμα έχει ήδη ληφθεί ή όχι (NCSR, 2023).

Τα λειτουργικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος NAVDAT περιλαμβάνονται στην πιο πρόσφατη έκδοση των συστάσεων ITU-R M.2010 για τις ζώνες MF και ITU-R M.2058 για τις ζώνες HF. Η πιο πρόσφατη έκδοση της έκθεσης ITU-R M.2443 «Κατευθυντήριες γραμμές NAVDAT» περιγράφει τη χρήση του συστήματος NAVDAT που λειτουργεί στην κινητή ναυτιλιακή υπηρεσία (NCSR, 2023).

[48] Πηγή: IHO NCSR (Navigational Communication and Search and Rescue Sub-Committee of)

Orthogonal frequency division multiplexing parameter values

Tu	1/*Tu*	*Td*	*Ts=Tu+Td*	*Ns*	*Tf*
24 ms	$41^{2/3}$ Hz	2.66 ms	26.66 ms	15	400 ms

Tu: duration of the useful part of an OFDM symbol
1/*Tu*: carrier spacing
Td: duration of the guard interval
Ts: duration of an OFDM symbol
Ns: the number of symbols per frame
Tf: duration of the transmission frame.

Εικόνα 16 OFDM parameter values[49]

Η διαμόρφωση σήματος στο σύστημα NAVDAT (Navigational Data) βασίζεται στην τεχνολογία OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), η οποία επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων σε πολλαπλά υποφέρουσες συχνότητες μέσα σε ένα κανάλι εύρους 10 kHz. Η διαμόρφωση αυτή αλλάζει το πλάτος και τη φάση του σήματος με αποτέλεσμα να δύναται να μεταφέρει παραπάνω όγκο πληροφορίας στο ίδιο bandwidth. Για την κωδικοποίηση των δεδομένων σε κάθε υποφέρουσα, το σύστημα χρησιμοποιεί τις εξής ψηφιακές διαμορφώσεις πλάτους και φάσης (QAM) (ITU, 2019):

α. 4-QAM[50] (QPSK): Παρέχει 2bits ανά σύμβολο. Είναι η πιο ανθεκτική μορφή (robust waveform), κατάλληλη για συνθήκες με θόρυβο (απαιτεί ~14 dB SNR).

β. 16-QAM: Παρέχει 4 bits ανά σύμβολο. Αποτελεί τη μέση λύση μεταξύ ταχύτητας και αξιοπιστίας (απαιτεί ~18 dB SNR).

γ. 64-QAM: Παρέχει 6 bits ανά σύμβολο. Προσφέρει τον υψηλότερο ρυθμό

[49] Πηγή: ITU

[50] Το **QAM** (Quadrature Amplitude Modulation - Ορθογωνική Διαμόρφωση Πλάτους) είναι μια μέθοδος ψηφιακής διαμόρφωσης που επιτρέπει τη μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων συνδυάζοντας δύο διαφορετικές τεχνικές: τη **διαμόρφωση πλάτους** (πόσο ισχυρό είναι το σήμα) και τη **διαμόρφωση φάσης** (τη χρονική μετατόπιση του κύματος). Η βασική ιδέα είναι η χρήση δύο φερόντων σημάτων της ίδιας συχνότητας, τα οποία όμως έχουν διαφορά φάσης **90 μοιρών** μεταξύ τους (γι' αυτό ονομάζονται "ορθογωνικά"):

In-phase (I): Το σήμα αναφοράς.

Quadrature (Q): Το σήμα που είναι μετατοπισμένο κατά 90°.

Συνδυάζοντας αυτά τα δύο σήματα, δημιουργείται ένα νέο σήμα όπου κάθε "σύμβολο" (μια συγκεκριμένη κατάσταση πλάτους και φάσης) αντιστοιχεί σε έναν συνδυασμό από bits.

Ο αριθμός πριν από το QAM δείχνει πόσες διαφορετικές καταστάσεις (σημεία στον "αστερισμό") μπορεί να πάρει το σήμα

μετάδοσης δεδομένων (highest data rate), αλλά απαιτεί καθαρό σήμα (περίπου 22 dB SNR).

Το NAVDAT έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί στις ζώνες MF, περίπου 500 kHz (εύρος 495-505 kHz), και HF (4226 kHz), προσφέρει πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης (έως και 25 φορές ταχύτερα) σε σύγκριση με το παραδοσιακό σύστημα NAVTEX. Υποστηρίζονται επίσης συχνότητες στα 6, 8, 12, 16 και 22 MHz για παγκόσμια κάλυψη.

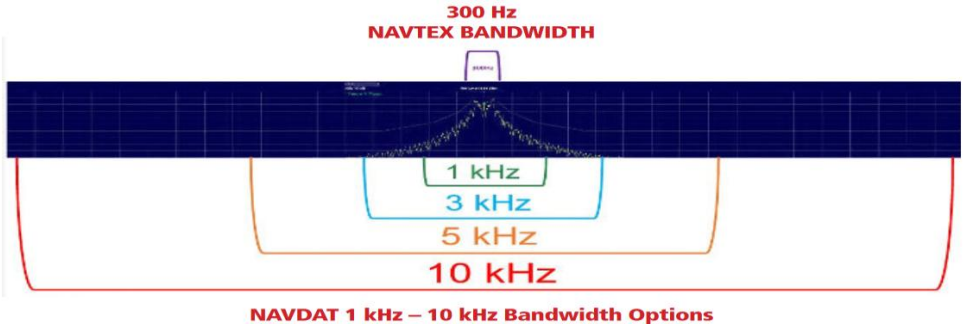
Mode	Robustness	Typical propagation condition	Usable frequency band
A	Surface wave channels with minor fading	Surface Wave	MF (500 kHz)
B	Time and frequency selective channel with longer delay spread	Sky Wave	MF and HF
C	As B but with higher Doppler spread	Sky Wave	only HF long range
D	As B but with severe delay and Doppler spread	Sky Wave	only HF long range

Εικόνα 17 Κανάλι μετάδοσης[51]

Το σήμα μπορεί να καταλαμβάνει **1, 3, 5 ή 10 kHz**, προσφέροντας ευελιξία ανάλογα με τις συνθήκες διάδοσης.

	Spectrum occupancy			
	1	**2**	**3**	**4**
Channel bandwidth (kHz)	1	3	5	10
Number of subcarriers	23	69	115	229
Subcarrier number k	k = −11 to 11	k = −34 to 34	k = −57 to 57	k = −114 to 114

Εικόνα 18 Σχέση εύρους φάσματος και OFDM[52]



Εικόνα 19 NAVTEX vs NAVDAT Bw[53]

[51] Πηγή ITU
[52] Πηγή: ITU
[53] Πηγή NAUTEL (NAUTEL, 2024)

7.3 ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων εξαρτάται από τον συνδυασμό διαμόρφωσης και διόρθωσης σφαλμάτων (Forward Error Correction-FEC). Η ταχύτητα δεδομένων κυμαίνεται από 6kbps (με 4-QAM) έως περίπου 28kbps (με 64-QAM και FEC 0.75) σε κανάλι 10kHz.

Η εμβέλεια ενός παράκτιου σταθμού NAVDAT εξαρτάται από την εκπεμπόμενη ισχύ RF, τις τοπικές συνθήκες διάδοσης ραδιοκυμάτων, το επίπεδο ηλεκτρομαγνητικού θορύβου στον τόπο λήψης, το επιλεγμένο εύρος ζώνης εκπομπής (1, 3, 5 ή 10 kHz) και τη διαμόρφωση (4,16 ή 64 QAM). Η πραγματική εμβέλεια που επιτυγχάνεται πρέπει να προσαρμόζεται στο ελάχιστο απαιτούμενο για την επαρκή λήψη στην καθορισμένη περιοχή εξυπηρέτησης NAVDAT, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες των πλοίων τα οποία προσεγγίζουν από διαφορετικές περιοχές.

Υπάρχει μια βασική ισορροπία στις τηλεπικοινωνίες: όσο πιο «πυκνή» είναι η διαμόρφωση (π.χ. 64-QAM), τόσο πιο ευαίσθητη είναι στον θόρυβο.

α. 64-QAM: Προσφέρει τη μέγιστη ταχύτητα, αλλά απαιτεί το πλοίο να πλέει σχετικά πλησίον του σταθμού ξηράς ή να επικρατούν άριστες καιρικές συνθήκες.

β. 4-QAM (QPSK): Εφόσον το πλοίο απομακρυνθεί πολύ (π.χ. στην άκρη της εμβέλειας των 250-350νμ στα MF), το σύστημα μεταπίπτει αυτόματα σε 4-QAM. Συνέπεια αυτής της μετάπτωσης είναι η μείωση της ταχύτητας, ωστόσο το βασικό πλεονέκτημα συνίσταται στο ότι σύνδεση παραμένει σταθερή παρά την ύπαρξη θορύβου.

Συνεπώς στις μεν συχνότητες λειτουργίας MF (500 kHz), η παρατηρούμενη εμβέλεια είναι περίπου 250-350 νμ, δηλαδή παρόμοια με το NAVTEX, αλλά με πολύ περισσότερη πληροφορία, ενώ στις συχνότητες λειτουργίας HF (4-22 MHz), το σήμα μπορεί να διαδίδεται παγκόσμια μέσω ιοντοσφαιρικής διάδοσης (συνεχείς αντανακλάσεις στη γήινη επιφάνεια), ωστόσο παρατηρούνται αυξημένες παρεμβολές (σε ένταση και συχνότητα), οπότε η δυνατότητα OFDM/QAM καθίσταται απαραίτητη για τη διόρθωση των σφαλμάτων.

Το σύστημα υποστηρίζει τρεις τύπους εκπομπής. Πρώτον, γενική εκπομπή (General Broadcast) η οποία απευθύνεται προς όλα τα πλοία εντός εμβέλειας του σταθμού, δεύτερον Επιλεκτική Εκπομπή (Selective Broadcast) η οποία απευθύνεται προς μια συγκεκριμένη ομάδα πλοίων με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά/κατηγορία (πχ όλα τα τανκερ) ή μια καθορισμένη γεωγραφική περιοχή (π.χ. NavArea) και τέλος «εξατομικευμένη» εκπομπή (Dedicated Message), όπου ένα προσωπικό μήνυμα εκπέμπεται προς ένα συγκεκριμένο πλοίο με τη χρήση του αριθμού MMSI.

7.3.1 ΑΛΥΣΙΔΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Η αλυσίδα μετάδοσης αποτελείται από πέντε βασικά μέρη, πρώτον SIM (System of Information and Management), όπου διενεργείται η συλλογή, διαχείριση των πληροφοριών και ο προγραμματισμός των εκπομπών, δεύτερον το Επίγειο Δίκτυο (Shore Network), όπου τα δεδομένα μεταφέρονται από την πηγή στον πομπό, τρίτον η μετατροπή των αρχείων σε σήμα OFDM[54] από τα συστήματα του σταθμού εδάφους, στην τέταρτη φάση το σήμα μεταδίδεται «στον αέρα» με ψηφιακό σήμα (MF/HF) και στο τελευταίο μέρος όταν ο δέκτης του πλοίου αποκωδικοποιήσει το σήμα και απεικονίσει τα λαμβανόμενα δεδομένα στο σύστημα ψηφιακών χαρτών.

7.3.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΣΕ OFDM (Murvali, 2011)

Η μετατροπή των αρχείων σε OFDM έχει σχεδιαστεί προκειμένου το σύστημα να είναι ανθεκτικό σε παρεμβολές, καθώς όταν μια συχνότητα παρουσιάσει θόρυβο, δεν επηρεάζεται όλη η πληροφορία. Δεύτερον, αντιμετωπίζεται το φαινόμενο του multipath, το οποίο συμβαίνει στη θάλασσα όταν το σήμα αντανακλάται σε εμπόδια και φτάνει στον δέκτη πολλές φορές με καθυστέρηση και τέλος ευνοεί τη μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων σε περιορισμένο εύρος ζώνης με μεγάλη ταχύτητα.

Ο συνδυασμός των μεθόδων OFDM και QAM λειτουργεί συμπληρωματικά στο NAVDAT: το μεν OFDM παρέχει ουσιαστικά το μέσο μεταφοράς, ενώ το QAM αναλαμβάνει το «πακετάρισμα» της πληροφορίας. Το OFDM ως «Μεταφορέας»: διαχωρίζει το διαθέσιμο κανάλι (π.χ. 10kHz) σε πολλές μικρές υποφέρουσες συχνότητες (subcarriers) οι οποίες λειτουργούν παράλληλα. Σε κάθε μία από αυτές τις υποφέρουσες εφαρμόζεται διαμόρφωση QAM. Αντί για ένα απλό σήμα, κάθε υποφέρουσα μεταφέρει πλέον ολόκληρα «πακέτα» bits (2, 4 ή 6 bits ανάλογα με το αν είναι 4, 16 ή 64-QAM).

Η χρήση υψηλών επιπέδων διαμόρφωσης (QAM) εντός του σήματος OFDM επηρεάζει άμεσα τόσο την εμπειρία του χρήστη στην γέφυρα όσο και την απόσταση από την οποία μπορεί να ληφθεί το σήμα. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η απεικόνιση του μηνύματος στο σύστημα ECDIS καθώς λόγω της επιτευχθείσας υψηλής ταχύτητας (έως 28kbps), το NAVDAT δεν περιορίζεται στη μετάδοση ενός απλού κείμενου όπως συμβαίνει με το NAVTEX, αλλά οι ναυτιλιακές προειδοποιήσεις εμφανίζονται ως εικονίδια ή σχήματα απευθείας πάνω στον

[54] Το **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Ορθογώνια Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας) είναι μια προηγμένη μέθοδος μετάδοσης ψηφιακών δεδομένων που "σπάει" ένα σήμα υψηλής ταχύτητας σε πολλά μικρότερα, αργά σήματα, τα οποία μεταδίδονται ταυτόχρονα.

ηλεκτρονικό χάρτη (ECDIS), ενώ παράλληλα είναι εφικτή η λήψη μικρών αρχείων εικόνας (π.χ. μετεωρολογικοί χάρτες ή δορυφορικές φωτογραφίες πάγων). Τέλος, το σύστημα ενημερώνει αυτόματα τα επίπεδα (layers) πληροφοριών του ECDIS χωρίς την παρέμβαση του χειριστών, μειώνοντας τον κίνδυνο του ανθρώπινου λάθους που ενυπάρχει στις υφιστάμενες μεθόδους.

Η σχέση μεταξύ data rate και των παραμέτρων εκπομπής φαίνεται στον πίνακα του Παραρτήματος «Γ», όπου διαπιστώνεται πως η μεγαλύτερη ταχύτητα δεδομένων επιτυγχάνεται σε Mode A[55] με QAM, με υψηλό average code rate[56] και υψηλή SNR[57] (άρα συνήθως υψηλή ισχύ εκπομπής).

7.4 ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο πομπός αποτελείται από:

– 1 Ψηφιακό Διαμορφωτή

– 1 Πομπό με RF ενισχυτή (amplifier)

– 1 Impedance Adapter[58] κεραίας

– 1 σύστημα κεραίας με τεχνητό ground plane

– 1 συσκευή παρακολούθησης

Κανάλι μετάδοσης

Ο δέκτης αποτελείται από:

– 1 κεραία δέκτη

– 1 δέκτης

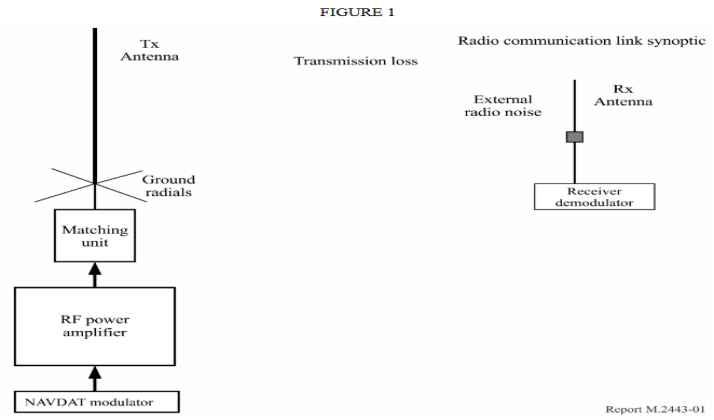
– 1 δέκτης Global navigation satellite system (GNSS)

[55] **Mode A (Broadcast Mode):** Είναι η λειτουργία **γενικής εκπομπής**, όπου οι πληροφορίες στέλνονται από έναν παράκτιο σταθμό προς όλα τα πλοία που βρίσκονται εντός της εμβέλειάς του.

[56] το ποσοστό των δεδομένων που είναι **πραγματική πληροφορία** σε σχέση με το σύνολο των bits που μεταδίδονται (τα οποία περιλαμβάνουν και επιπλέον bits για προστασία από σφάλματα).

[57] Signal to Noise Ratio

[58] Προσαρμογέας σύνθετης αντίστασης.



Εικόνα 20 Σύστημα Πομπού Δέκτη[59]

7.5 ΔΕΚΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVDAT

Ο ρόλος του είναι, να φιλτράρει τις λαμβανόμενες συχνότητες, να ενισχύει και τέλος να αποδιαμορφώνει τα λαμβανόμενα σήματα. Μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα μέρη:

– Το τμήμα RF.

– Το ψηφιακό τμήμα και η αποκωδικοποίηση.

– Τη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής με μονάδα ελέγχου και οθόνης (CDU).

– Τη διεπαφή δεδομένων για σύνδεση με περιφερειακό εξοπλισμό.

7.5.1 ΤΜΗΜΑ RF

Ο δέκτης λειτουργεί στις προγραμματισμένες συχνότητες του συστήματος NAVDAT. Η συχνότητα των 500 kHz έχει προτεραιότητα. Τα κανάλια HF μπορούν να αποεπιλεγούν από τον χειριστή (εκτός από τα 4 και 6 MHz) που είναι προτιμότερο να παρακολουθούνται συνεχώς. Άλλα κανάλια MF και HF μπορούν να επιλεγούν από τον χειριστή. Οι επιλεγμένες συχνότητες παρακολουθούνται αυτόματα για την ανίχνευση της παρουσίας σημάτων NAVDAT με επαρκή SNR για καλή αποκωδικοποίηση.

Τα σήματα OFDM του συστήματος NAVDAT μπορούν να ποικίλλουν ανάλογα με το κανάλι διάδοσης που χρησιμοποιείται (MF ή HF).

Είναι δυνατή η χρήση τριών τύπων διαμόρφωσης ανάλογα με τον τύπο του μηνύματος και τις συνθήκες διάδοσης (4 QAM, 16 QAM ή 64 QAM) με μεταβλητό εύρος ζώνης.

[59] Πηγή: ITU

Ο δέκτης πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίζει αυτόματα τον τύπο διαμόρφωσης και το συντελεστή διόρθωσης που λαμβάνεται στο ψηφιακό του μέρος.

7.5.2 ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ (DIGITAL PART)

Αποδιαμορφώνει τα ληφθέντα σήματα OFDM και τα μετατρέπει σε αρχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον χειριστή και τον περιφερειακό εξοπλισμό.

Ένας δέκτης GNSS συνδέεται με το δέκτη για να λάβει:

– Τη θέση του σκάφους (απαιτείται για τη λειτουργία επιλεκτικών μηνυμάτων)

– Την ώρα

– Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βαθμονόμηση των εσωτερικών ρολογιών συχνοτήτων του δέκτη.

7.6 ΠΟΜΠΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ NAVDAT (NCSR, 2023)

Προκειμένου να διασφαλιστεί η άνευ παραμόρφωσης μετάδοση ενός OFDM multicarrier modulator, ο πομπός πρέπει να είναι γραμμικός και να έχει υψηλό δυναμικό εύρος (dynamic range). Η φασματική κάλυψη (occupation) πρέπει να λαμβάνει υπόψη το template για να αποφευχθούν παρεμβολές σε γειτονικά κανάλια ή κορεσμοί.

Επειδή το OFDM χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό carriers, οι πομποί πρέπει να παράγουν μόνο ελάχιστα προϊόντα inetermodulation παραμόρφωσης. Το σήμα OFDM είναι ένα σύνθετο ψηφιακό σήμα το οποίο συνίσταται από συνιστώσες I (σε φάση) και Q (τετραγωνική φάση). Το προκύπτον σύνθετο σήμα έχει ταυτόχρονη διαμόρφωση πλάτους και φάσης με peak – to – average ratio (crest factor)[60] περίπου 8/10 dB.

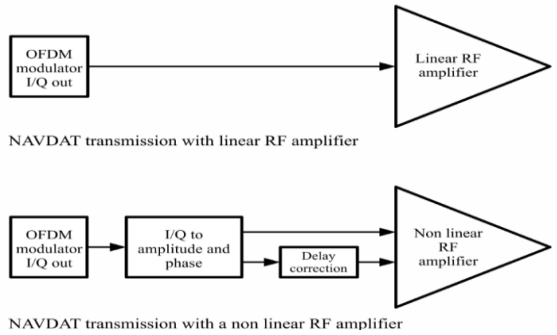
Δεδομένου ότι το σήμα NAVDAT έχει Crest Factor 10 dB, σημαίνει ότι η στιγμιαία κορυφή της ισχύος του είναι 10 φορές μεγαλύτερη από τη μέση ισχύ του. Αυτό δημιουργεί δύο βασικά προβλήματα:

1. Απαίτηση Ενισχυτή: χρειάζεσαι ένα πολύ ακριβό ενισχυτή ο οποίος να αντέχει αυτές τις «αιχμές» χωρίς να παραμορφώνει (clipping).
2. Χαμηλή Αποδοτικότητα: επειδή ο ενισχυτής πρέπει να δουλεύει «χαμηλά» για να έχει περιθώριο (back-off) για τις κορυφές (peak) του σήματος, καταναλώνει πολλή

[60] Ο συντελεστής κορυφής (**Crest Factor - CF**) είναι ένας αδιάστατος αριθμός που περιγράφει το πόσο «αιχμηρό» είναι ένα σήμα. Ορίζεται ως ο λόγος της **μέγιστης τιμής** (peak) ενός σήματος προς την **ενεργό τιμή** (RMS) του.

ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα αντί για πληροφορία.

Συνεπώς, απαιτείται η ενσωμάτωση τεχνικών CFR (Crest Factor Reduction) για να μην «καίγονται» ή να μην παραμορφώνουν το σήμα οι πομποί.



Εικόνα 21 Γραμμικός και μη γραμμικός RF Amplifier[61]

7.7 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ (NCSR, 2023)

Απόσταση μετάδοσης εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως:

Ισχύ εκπομπής (Radiated RF power).

Μέση ισχύς εκπομπής του OFDM σήματος.

Απόδοση συστήματος κεραίας.

Κανάλι μετάδοσης (κύμα εδάφους).

Εξασθένηση (Attenuation) η οποία εξαρτάται από τη χρησιμοποιούμενη συχνότητα

Θόρυβος περιβάλλοντος ο οποίος εξαρτάται από τη συχνότητα, τη γεωγραφική περιοχή, την εποχή, την ώρα της ημέρας.

Ενώ η λήψη εξαρτάται από ανθρωπογενή θόρυβο, από την ποιότητα του δέκτη και της κεραίας και τέλος από την ποιότητα του ψηφιακού αποδιαμορφωτή.

Από τις δοκιμές που έχουν διεξαχθεί μέχρι σήμερα σε πιλοτικά συστήματα NAVDAT έχουν προκύψει οι αποστάσεις που φαίνονται στην παρακάτω Εικόνα 22. Όπως φαίνεται οι επιτευχθείσες αποστάσεις μετάδοσης είναι επαρκείς για την κάλυψη των περιοχών Α1 και Α2 του

[61] Πηγή: ITU

συστήματος GMDSS.

(Radiated RF power: 550 W, bandwidth: 10 kHz)

Area	Fa (dB)	Range (NM)	Modulation(code rate)
Huaniao island (Shanghai)	89.6 ~ 107.4	142.3 ~ 365.6	4-QAM(0.5)
		93.3 ~ 295.3	16-QAM(0.5)
		60.5 ~ 235.8	64-QAM(0.5)
Copenhagen	87.8 ~ 99.1	240.6 ~ 391.0	4-QAM(0.5)
		177.5 ~ 319.8	16-QAM(0.5)
		128.0 ~ 259.1	64-QAM(0.5)
Singapore	91.0 ~ 113.4	87.5 ~ 347.5	4-QAM(0.5)
		53.0 ~ 277.9	16-QAM(0.5)
		32.6 ~ 219.3	64-QAM(0.5)

Εικόνα 22 Αποστάσεις Μετάδοσης[62]

7.8 NAVDAT MESSAGE FORMAT (NCSR, 2023)

Τα μηνύματα NAVDAT προβλέπονται να συντάσσονται σύμφωνα με τις κατευθύνσεις οι οποίες να περιέχονται στην τελευταία έκδοση του κοινού εγχειριδίου IMO/IHO/WMO για τις πληροφορίες της ναυτικής ασφάλειας και των εκδόσεων του IHO [S-53][S-100]. Η ψηφιακή μορφή όλων των μηνυμάτων μπορεί να προσαρμοστεί σε κείμενο, δεδομένα ή γραφικές πληροφορίες και να εισαχθεί στη δομή πλαισίου NAVDAT.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τη δομή του NAVDAT. Μέσα στη δομή του μηνύματος του NAVDAT (διάρκεια 400ms) περιλαμβάνονται τα εξής:

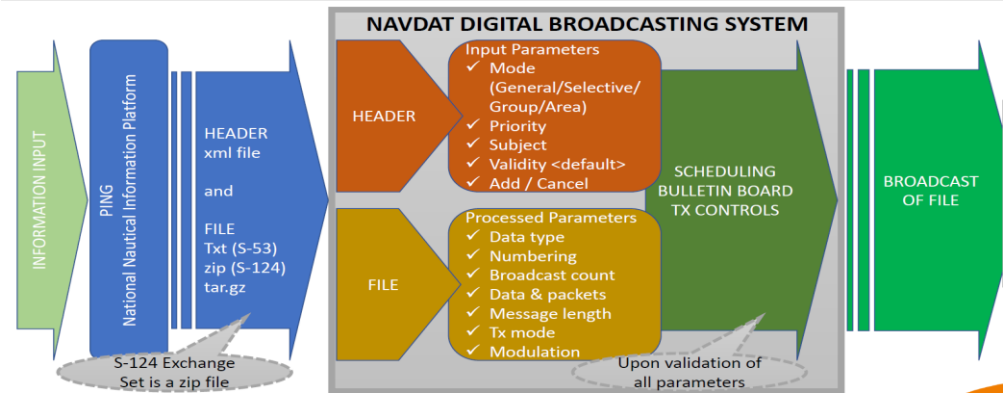
- Η συγχρονισμένη κεφαλίδα η οποία προορίζεται για το συγχρονισμό των δεκτών.

- Το τμήμα ροής πληροφοριών διαμόρφωσης (Modulation Information Stream - MIS) το οποίο παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κάλυψη του φάσματος, τον τύπο της ροής πληροφοριών πομπού (TIS) και τη διαμόρφωση της ροής δεδομένων (Data Stream - DS).

- Το τμήμα Transmitter Information Stream (TIS) παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κωδικοποίηση σφαλμάτων του DS, τον κωδικό αναγνώρισης του (Identification Code-ID), τη λειτουργία μετάδοσης, τη λειτουργία ανθεκτικότητας και τους κωδικούς μηνυμάτων θέματος.

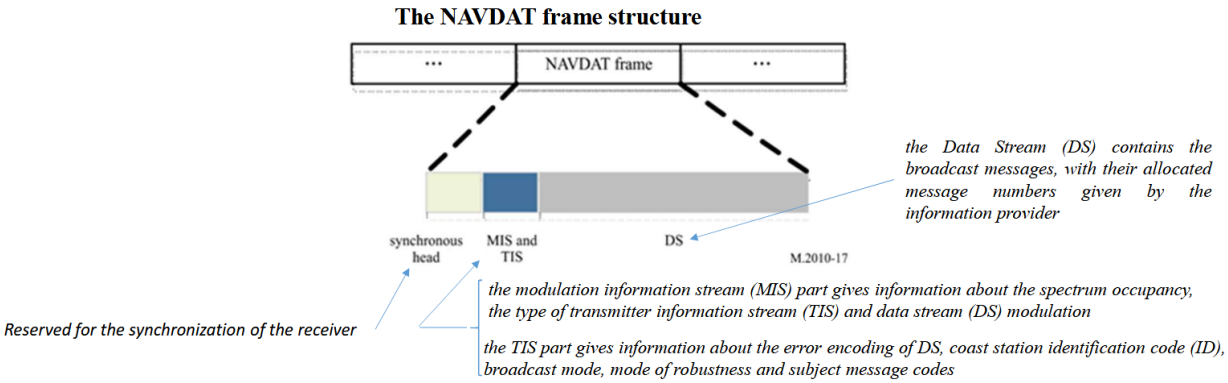
-Το Data Stream (DS) περιέχει τα μηνύματα μετάδοσης, με τους αριθμούς μηνυμάτων οι οποίοι τους έχουν αποδοθεί από τον πάροχο πληροφοριών.

[62] Πηγή ITU. Στον πίνακα Fa είναι ο external noise factor



Εικόνα 23 NAVDAT Ψηφιακή Μετάδοση[63]

Το μήκος του head frame είναι 400ms. Η τυπική δομή (frame structure) δεν περιλαμβάνει ροή DS χωρίς head frame συγχρονισμού, MIS ή TIS. Το τυπικό μήκος frame είναι 400ms. Μια ακολουθία ενός head frame και N-1 τυπικών frame αποτελεί ένα υπερπλαίσιο μήκους N. Η εκπομπή NAVDAT πρέπει να χρησιμοποιεί ένα πρότυπο υπερπλαισίου (super frame pattern) μήκους 5.



Εικόνα 24 Data Frame Structure[64]

7.9 ΤΥΠΟΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ (NCSR, 2023)

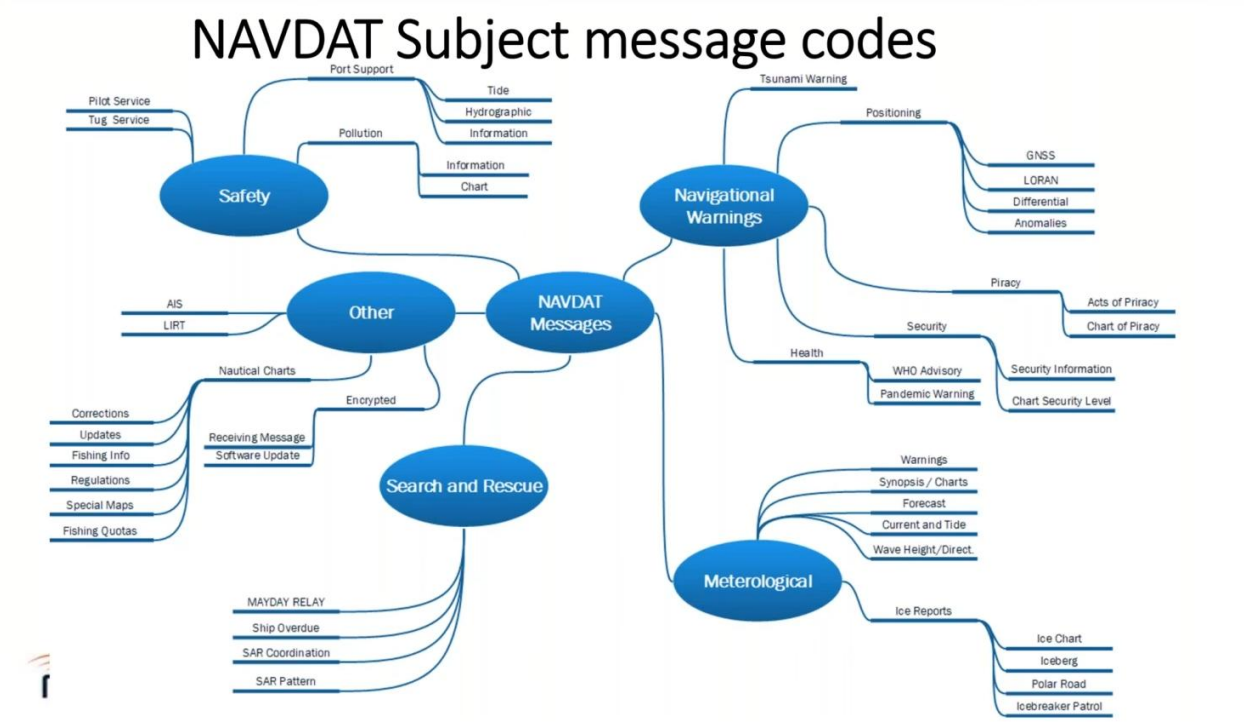
Οι κυριότεροι τύποι πληροφοριών που μεταδίδονται περιλαμβάνουν:

- **Ασφάλεια Ναυσιπλοΐας & Προειδοποιήσεις:** Επείγουσες ειδοποιήσεις για κινδύνους στη θάλασσα, ναυάγια, πάγο, νάρκες, επιπλέοντα εμπορευματοκιβώτια ή αλλαγές σε

[63] Πηγή Cerema (Mignot, 2023)
[64] Πηγή IHO

βοηθήματα ναυσιπλοΐας (φάροι, σημαντήρες), τσουνάμι, ανακοινώσεις/κατευθύνσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας,(πανδημία) GNSS, επιχειρήσεις για καταπολέμηση ρύπανσης.

- **Μετεωρολογικά Δεδομένα:** Δελτία καιρού και προγνώσεις, τα οποία λόγω της ψηφιακής φύσης του συστήματος μπορούν να περιλαμβάνουν και λεπτομερείς χάρτες καιρού, παλίρροιες, ρεύματα, ύψος / διεύθυνση κύματος, αναφορές πάγου, πληροφορίες για διαδρομές στις πολικές περιοχές.
- **Πληροφορίες Έρευνας και Διάσωσης (SAR):** Κρίσιμα δεδομένα για επιχειρήσεις διάσωσης σε εξέλιξη (περιοχές, σχέδια έρευνας)
- **Ενημερώσεις Ηλεκτρονικών Χαρτών (ENC Updates):** Ψηφιακά πακέτα για την αυτόματη ενημέρωση των συστημάτων ECDIS.
- **Πληροφορίες Ασφάλειας (Security/Piracy):** Προειδοποιήσεις για πειρατεία ή άλλες απειλές ασφάλειας.
- **Πληροφορίες Λιμένων & Πλοήγησης (VTS):** Αρχεία που αφορούν τη διαχείριση της κυκλοφορίας πλοίων και οδηγίες πλοήγησης εντός λιμένων.
- **Διάφορες Πληροφορίες:** πληροφορίες για πιλότους και ρυμουλκά, μηνύματα AIS LRIT, πληροφορίες για αλιευτικές επιχειρήσεις (κανόνες περιοχών).



Εικόνα 25 Είδη Πληροφοριών[65]

[65] Πηγή: ίδιας κατασκευής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Η μετάβαση από το NAVTEX, το οποίο λειτουργεί με το πρότυπο S-53 στο NAVDAT το οποίο λειτουργεί με βάση το S-124, και η περίοδος κατά την οποία τα δύο συστήματα θα λειτουργούν παράλληλα, δημιουργεί μια σειρά προκλήσεων για τους τελικούς χρήστες (ναυτιλιακές εταιρείες), αλλά και τις αρμόδιες αρχές για την εκπομπή των μηνυμάτων MSI (Captain Cornillou, 2022). Στη συνέχεια θα επιχειρηθεί καταρχήν η αναγνώριση προβληματισμών και απαντήσεων σχετικά με τη μεταβατική περίοδο.

8.1 ΘΑ ΜΠΟΡΕΙ ΕΝΑΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΠΟΜΠΟΥΣ, ΝΑ ΜΕΤΑΔΙΔΕΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΣΕ NAVTEX ΚΑΙ NAVDAT;

Η ταυτόχρονη μετάδοση εκπομπών NAVTEX και NAVDAT σε MF από έναν παράκτιο σταθμό με πολλαπλούς πομπούς δεν είναι εφικτή λόγω των πιθανών παρεμβολών που συμβαίνουν μεταξύ τους. Ωστόσο, η ταυτόχρονη μετάδοση εκπομπών από δύο ξεχωριστούς και ανεξάρτητους παράκτιους σταθμούς NAVTEX και NAVDAT HF είναι εφικτή.

8.2 ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ TIME FRAMES ΓΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ NAVTEX – NAVDAT;

Ναι, προκειμένου να αποφευχθούν ανεπιθύμητες παρεμβολές.

8.3 ΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΙ ΔΕΚΤΕΣ NAVTEX ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΜΗΝΥΜΑΤΑ NAVDAT*;*

Οι υφιστάμενοι δέκτες δεν είναι σχεδιασμένοι να λαμβάνουν μηνύματα NAVDAT, ωστόσο με κατάλληλη αναβάθμιση είναι πιθανό να λαμβάνεται ένα μέρος των μηνυμάτων S-124. Αντίθετα, ο δέκτης NAVDAT πρέπει να είναι ικανός να λαμβάνει ταυτόχρονα μεταδόσεις σε κανάλια MF (500kHz) και HF (4226kHz) και να είναι επίσης συμβατός με τις δυνατότητες των ναυτικών δεκτών NAVTEX.

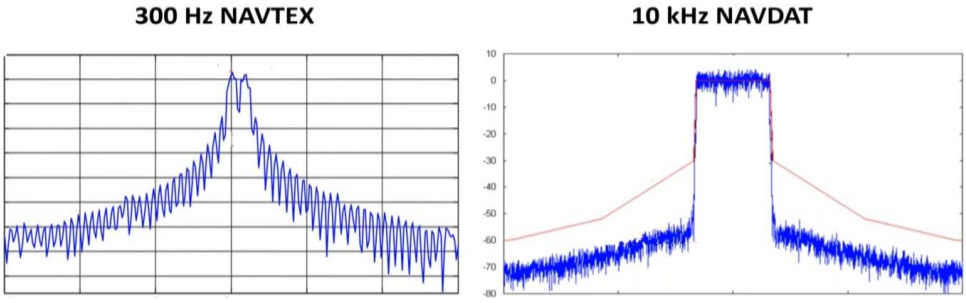
8.4 ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ NAVTEX ΣΤΟ NAVDAT;

Η διαφορετική μορφή του σήματος αποτελεί παράγοντα από τον οποίο πηγάζουν προβληματισμοί. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη το εύρος φάσματος (Bw), αλλά και οι εμφανιζόμενες κορυφές ισχύος (peak power) στο σήμα του NAVDAT.

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω Εικόνα 26 η μορφή του φάσματος του NAVTEX είναι

πολύ διαφορετική από εκείνη του NAVDAT. Στην πρώτη περίπτωση (NAVTEX) η διαμόρφωση είναι FSK, γεγονός που σημαίνει τριγωνική μορφή φάσματος με κυματισμούς (ripples) και μικρό εύρος φάσματος (Bw=300Hz). Στην περίπτωση του NAVDAT, το φάσμα παρουσιάζει ορθογώνια μορφή, καθώς το σήμα είναι multicarrier με μεγάλη πυκνότητα και μεγάλο Bw σε σχέση με το NAVTEX. Το δε Bw δύναται να ποικίλλει ανάλογα με τη μεταφερόμενη πληροφορία ή τις προτιμήσεις του χειριστή. Όσο μεγαλύτερο είναι το Bw τόσο δυσκολότερο είναι για ένα πομπό NAVTEX να μεταδώσει το σήμα NAVDAT καθώς θα υπάρχουν επιδράσεις στον πομπό, στο antenna tuning και στην ίδια την κεραία.

Συνεπώς, εκτιμάται ότι υφίστανται πολλοί παράγοντες που καθιστούν δυσχερή τη χρησιμοποίηση των υφιστάμενων μέσων και σε κάθε περίπτωση εφόσον και αν χρησιμοποιηθούν θα προκαλέσουν απομείωση των δυνατοτήτων (compromise) του NAVDAT.



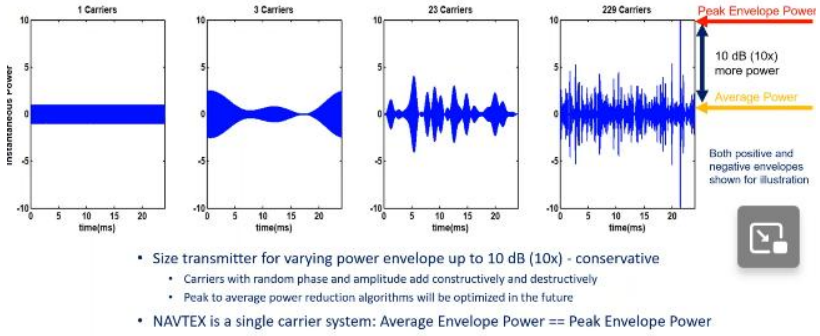
Εικόνα 26 Φάσμα NAVTEX NAVDAT[66]

8.5 ΜΠΟΡΕΙ ΕΝΑΣ ΠΟΜΠΟΣ 1KW 5KW NAVTEX ΝΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΘΕΙ ΑΠΟ ΙΔΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΠΟΜΠΟ NAVDAT;

Το σήμα NAVTEX είναι απλής διαμορφωμένης ισχύος (single modulated power), αυτό σημαίνει ότι η ισχύς μεταφέρεται εντός του φάσματος των 300Hz και η μέση ισχύς ισοδυναμεί με την PEP (peak envelope power). Αντίθετα, οι πομποί του NAVDAT είναι σχεδιασμένοι για να μεταδίδουν ένα multicarrier σήμα, καθώς το σήμα το NAVDAT μπορεί να περιέχει από 1 έως 229 φέρουσες (carriers). Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι η peak power σε σχέση με την average power μπορεί να προσεγγίζει τα 10dB, όπως φαίνεται και στην παρακάτω Εικόνα 27. Ένα σήμα NAVDAT με 1 φέρουσα (carrier) είναι παρόμοιο με ένα σήμα NAVTEX, ωστόσο όσο αυξάνεται ο αριθμός των carriers τότε αυξάνονται τα peak, τα οποία μπορούν να φτάσουν μέχρι τα 10dB.

[66] Πηγή NAUTEL

Συνέπεια αυτής της κατάστασης είναι να απαιτούνται διατάξεις απομείωσης των «κορυφών» ισχύος (peak power reduction) και επιπλέον κατάλληλοι πομποί. Συνεπακόλουθα, ένας πομπός NAVTEX μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πομπός NAVDAT, ωστόσο η ισχύς εκπομπής θα πρέπει να μειωθεί κατά 10 φορές, ώστε να αντιμετωπίσει τα peak power. Αυτό όμως δημιουργεί νέα προβλήματα καθώς στην περίπτωση αυτή αναμένονται **σημαντικές επιπτώσεις στην εμβέλεια του σήματος και συνεπώς στην περιοχή που είναι δυνατό να καλύψει ένας επίγειος σταθμός.**



Εικόνα 27 NAVDAT Tx[67]

8.6 ΑΠΟ ΤΙ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ;

Οι παράγοντες που επιδρούν στην ταχύτητα δεδομένων είναι το Bandwidth (Bw), ο τύπος διαμόρφωσης (4 QAM έως 64QAM) και channel coding. Επιπρόσθετα, το μέγεθος της ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων (data rate) το οποίο κυμαίνεται από 0,22kbit/sec έως 28kbit/sec, μπορεί να επηρεάσει και την εμβέλεια μετάδοσης.

8.7 ΜΠΟΡΩ ΝΑ ΠΕΤΥΧΩ ΠΑΡΟΜΟΙΕΣ ΕΜΒΕΛΕΙΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗ NAVDAT;

Όπως αναγράφηκε προηγουμένως, παράγοντες όπως η ισχύς εκπομπής, το data rate, το εύρος φάσματος (Bw), η διαμόρφωση και τα peak power που εμφανίζονται στο σήμα NAVDAT, επιδρούν στην εμβέλεια του σήματος. Από δοκιμές έχει καταδειχτεί ότι ένας πομπός NAVTEX μεγέθους 0.75-1.5Kw θα πρέπει να μειώσει την ισχύ εκπομπής σε 94-188W, προκειμένου να εκπέμψει σήμα NAVDAT, με data rate 19-29kbps με εύρος 10KHz. Αυτό παράλληλα θα απαιτήσει minimum field strength από 40dBu που απαιτείται για το NAVTEX σε 52dBu για το NAVDAT. Τα παραπάνω δεδομένα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην εμβέλεια του σήματος

[67] Πηγή NAUTEL

NAVDAT.

Συνεπώς, θα απαιτηθεί η χρήση μεγαλύτερων πομπών ή να μειώσω την data rate.

8.7.1 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕΙΩΣΗ DATA RATE

Στην περίπτωση που μειώσω το data rate από 19-29kbps σε 300bps-1kbps, οι δοκιμές έχουν δείξει ότι απαιτούνται: μικρότερο εύρος 1KHz, μικρότερο minimum field strength της τάξης των 34 dBu, με συνέπεια ο ίδιος πομπός να μεταδίδει με ισχύ 150-300W δηλαδή περίπου διπλάσια με πριν, γεγονός που αποτυπώνεται θετικά στην εμβέλεια μετάδοσης του σήματος, αλλά επιδρά στην ποιότητα και ποσότητα πληροφορίας που μπορεί να μεταδοθεί.

8.7.2 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΑΥΞΗΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΠΟΜΠΟΥ.

Αν ωστόσο διατηρήσω το ίδιο επίπεδο data rate και συνεπώς ίδιος εύρος (10kHz) και minimum field strength (52dBu), αλλά αυξήσω το μέγεθος του πομπού από 1,5kW σε 95-190kW (100φορές πιο ισχυρό), τότε επιτυγχάνεται ισχύς εκπομπής από 12-24kW, γεγονός το οποίο αποτυπώνεται θετικά στη εμβέλεια του σήματος.

Εν κατακλείδι υψηλό data rate το οποίο συνεπάγεται και εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που προσφέρει το S-124, προϋποθέτει υψηλή εκπεμπόμενη ισχύ.

Example: 220 NM (407 km) with 10 kHz Bandwidth

QAM	Data Rate	10 min data block	Weather Charts in 10 min	Average Power	Est Transmitter Size Peak Envelope Power
4 QAM	6-10 kbps	450 - 750 kB	2 - 3	0.7 kW	3.5 kW
16 QAM	12-19 kbps	900 -1425 kB	4 - 7	1.6 kW	10.1 kW
64 QAM	19-29 kbps	1425 -2175 kB	7 - 10	6.4 kW	50.8 kW

Εικόνα 28 Παράμετροι για δεδομένη ισχύ[68]

8.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ NAVTEX – NAVDAT (ΜΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ)

Εκμεταλλευόμενοι τα συμπεράσματα που προέκυψαν στην παραπάνω υποπαράγραφο, συμπεραίνουμε ότι το NAVDAT μπορεί να πετύχει ίδιες εμβέλειες με το NAVTEX αλλά σε χαμηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων (data rate). Αυτό ωστόσο έχει επιπτώσεις στην ποιότητα της υπηρεσίας, καθώς με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεν είναι εφικτή η μετάδοση του επιθυμητού

[68] Πηγή NAUTEL

όγκου πληροφορίας, ο οποίος και προσδίδει πλεονεκτήματα στο σύστημα.

Η απαίτηση για υψηλή ισχύ συνεπάγεται τον προβληματισμό για επενδύσεις σε νέους πομπούς ή την αλλαγή της τοποθεσίας εκπομπής.

8.9 ΘΑ ΕΙΝΑΙ ΑΜΕΣΗ Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ;

Το NAVDAT επί του παρόντος είναι σε ανάπτυξη, οι περιορισμοί χρήσης του από τον υφιστάμενο εξοπλισμό του NAVTEX, οι οποίοι άπτονται της εμβέλειας (κάλυψη περιοχής) και της ταχύτητας μετάδοσης, υποδηλώνει ότι απαιτούνται επενδύσεις στον εξοπλισμό των αρχών μετάδοσης και του τελικού χρηστή. Συνεπώς, αναμένεται τα δύο συστήματα να λειτουργήσουν παράλληλα για αρκετά χρόνια έως ότου το σύνολο των περιοχών και χρηστών να υιοθετήσει το νέο μοντέλο.

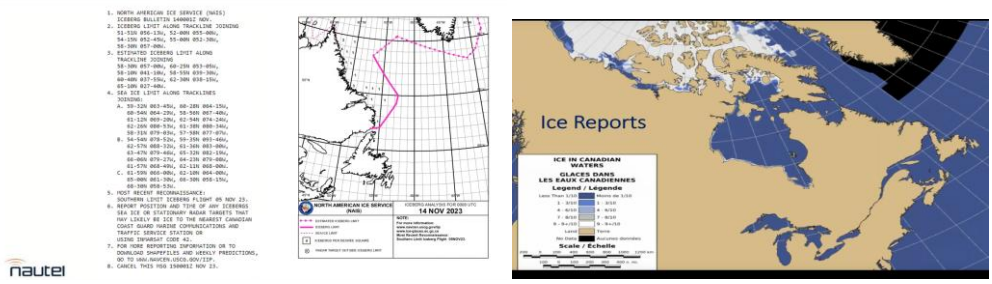
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα του NAVDAT έναντι του υφιστάμενου συστήματος NAVTEX, εντοπίζονται στη:

α. Μεγαλύτερη αξιοπιστία (data encryption).

β. Μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης (περίπου 100 φορές μεγαλύτερη από το NAVTEX). Υψηλότερη χωρητικότητα δεδομένων και συνεπώς δυνατότητα μετάδοσης μεγαλύτερου όγκου πληροφορίας.

γ. Δυνατότητα υποστήριξης / μετάδοσης αρχείων multimedia και συνεπώς το μήνυμα είναι πιο εύληπτο, κατανοητό και άμεσα επεξεργάσιμο. Μέχρι σήμερα η πληροφορία μέσω NAVTEX λαμβανόταν με το μήνυμα που εμφανίζεται στην αριστερή Εικόνα 29 και στη συνέχεια το προσωπικό της Γέφυρας κατέγραφε τις συντεταγμένες του μηνύματος στο χάρτη. Σήμερα η απεικόνιση γίνεται αυτόματα και εμφανίζεται στην οθόνη όπως στην δεξιά Εικόνα 29.



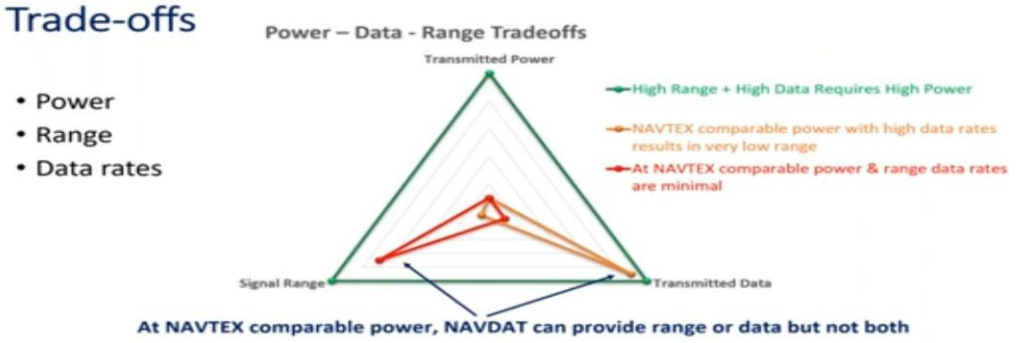
Εικόνα 29 Απεικόνιση στα δύο συστήματα

δ. Ευελιξία στη μετάδοση μέσω πολλαπλών μεθόδων (σε όλα τα πλοία, σε επιλεγμένα πλοία ή σε επιλεγμένες περιοχές).

Όσοι σχεδιάζουν την εκπομπή σημάτων NAVDAT θα πρέπει να λάβουν υπόψη το τρίγωνο των παραγόντων Power-Data Rate-Range (Ισχύς-Ταχύτητα Εκπομπής-Εμβέλεια) καθώς με ένα εκ των τριών συντελεστών σταθερό έχουμε επιλογές για τους άλλους δύο. Συνεπώς, η σχεδίαση αποτελεί στην ουσία μια διαπραγμάτευση μεταξύ των τριών αυτών παραγόντων, η οποία οφείλει να λαμβάνει υπόψη / συνυπολογίσει τα ακόλουθα:

α. Επιθυμητό εύρος περιοχής κάλυψης, το οποίο εξαρτάται από την γεωγραφία και την αρμοδιότητα κάθε σταθμού.

β. Επιθυμητά προϊόντα MSI προς μετάδοση. Σε μια περιοχή υφίστανται διαφορετικές πληροφορίες που χρήζουν μετάδοσης καθώς και διαφορετικές απαιτήσεις ασφάλειας και μετάδοσης άμεσων (urgent) πληροφοριών ασφάλειας.



Εικόνα 30 Trade offs [69]

Το κύριο όφελος για τον τελικό χρήστη είναι η ταχύτητα και ο πλούτος της πληροφορίας. Με ρυθμούς μετάδοσης έως και 25 φορές υψηλότερους, ο αξιωματικός γέφυρας δεν λαμβάνει πλέον μόνο απλό κείμενο, αλλά ψηφιακά αρχεία και γραφικά. Η δυνατότητα λήψης μετεωρολογικών χαρτών και εικόνων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των καιρικών φαινομένων, αντικαθιστώντας τις δυσνόητες γραπτές περιγραφές με οπτική πληροφορία.

Επιπλέον, το NAVDAT ενισχύει την ασφάλεια ναυσιπλοΐας μέσω της αυτόματης ενημέρωσης των ηλεκτρονικών χαρτών (ENC updates). Αυτό μειώνει τον φόρτο εργασίας του πληρώματος και ελαχιστοποιεί την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους κατά την πληκτρολόγηση συντεταγμένων. Η αξιοπιστία είναι επίσης ανώτερη, καθώς οι τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων (FEC) διασφαλίζουν ότι τα μηνύματα φτάνουν ακέραια, ακόμη και σε συνθήκες έντονου θορύβου ή μεγάλης απόστασης από την ακτή.

Τέλος, η ευελιξία του συστήματος (Modes A, B, C) επιτρέπει στο πλοίο να λαμβάνει στοχευμένες πληροφορίες που αφορούν συγκεκριμένα την περιοχή ή τον στόλο του. Αυτή η επιλεκτική λήψη απαλλάσσει τη γέφυρα από τον "θόρυβο" άσχετων πληροφοριών, επιτρέποντας στο πλήρωμα να επικεντρωθεί σε όσα πραγματικά επηρεάζουν την ασφάλεια του πλου του.

[69] Πηγή: σχεδίαση συγγραφέα

Όπως κάθε διαδικασία μετεξέλιξης, έτσι και αυτή από τη μετάβαση του υφιστάμενου συστήματος NAVTEX στο σύστημα NAVDAT, χρήζει ορθής και κατάλληλης διαχείρισης, προκειμένου η μετάβαση στη νέα πραγματικότητα να είναι ομαλή και να μειωθούν οι κίνδυνοι που συνοδεύουν την υιοθέτηση μιας νέας υπηρεσίας.

Προκειμένου να υλοποιηθεί η μετάβαση, θα πρέπει να ακολουθηθούν αρχές change management οι οποίες περιλαμβάνουν την ενημέρωση των εμπλεκομένων, τον εντοπισμό κινδύνων και την αναθεώρηση των διαδικασιών:

Τεχνική Ενημέρωση (Technical Readiness): Δεν αρκεί η εγκατάσταση ενός νέου δέκτη. Πρέπει να εξασφαλιστεί η **διασύνδεση** (integration) του NAVDAT με το ECDIS και το GMDSS του πλοίου, ώστε οι πληροφορίες να ρέουν αυτόματα και να μην δημιουργούν σύγχυση.

Εκπαίδευση Πληρώματος (Reskilling): Οι αξιωματικοί γέφυρας πρέπει να εκπαιδευτούν στη διαχείριση γραφικών δεδομένων και αρχείων. Η αλλαγή από την ανάγνωση ενός απλού χαρτιού NAVTEX στην ανάλυση ψηφιακών χαρτών και overlays απαιτεί εξοικείωση για να αποφευχθεί ο «πληροφοριακός κορεσμός» (information overload), αλλά και ο φόβος της αλλαγής. Το νέο σύστημα απαιτεί νέες διαδικασίες και συνεπώς θα πρέπει να αναθεωρηθούν οι αρμοδιότητες του προσωπικού (job description) αλλά και τα SOP (Standard Operation Procedures).

Διπλή Λειτουργία (Redundancy): Κατά τη μεταβατική περίοδο, η διαχείριση της αλλαγής επιβάλλει τη παράλληλη λειτουργία NAVTEX και NAVDAT. Αυτό διασφαλίζει ότι το πλήρωμα έχει ένα «δίχτυ ασφαλείας» μέχρι να εμπιστευτεί πλήρως τη νέα τεχνολογία.

Αξιολόγηση Κινδύνου (Risk Assessment): Πρέπει να εξεταστούν οι κίνδυνοι κυβερνοασφάλειας (cybersecurity), καθώς το NAVDAT εισάγει ψηφιακά αρχεία στο πλοίο, κάτι που δεν ίσχυε με το παραδοσιακό κείμενο, καθώς επίσης και τυχόν κίνδυνοι οι οποίοι πηγάζουν από τον αυτοματισμό των μέχρι σήμερα χειροκίνητων διαδικασιών.

Τα ανωτέρω συμπεράσματα δύναται να αποτελέσουν αντικείμενα μελέτης μελλοντικών διατριβών οι οποίες μπορούν να εστιάσουν στην εμβέλεια του συστήματος NAVDAT, στις απαιτούμενες επενδύσεις σε εξοπλισμό και στη διαχείριση της αλλαγής επί του πλοίου σε επίπεδο διαδικασιών και δεξιοτήτων προσωπικού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adediran, E., 2026. *How the S-100 framework can enable true autonomy for USVs.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.hydro-international.com/content/article/how-the-s-100-framework-can-enable-true-autonomy-for-usvs#:~:text=S%2D100%20does%20not%20change%20the%20basic%20meaning,than%20only%20as%20background%20information%20for%20display. [Πρόσβαση 2 March 2026].

Admirality, 2024. *Understanding the S-100 transition: New report reveals industry insight.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.admiralty.co.uk/news/how-S-100-will-shape-navigation [Πρόσβαση 16 Jan 2026].

Bauk, S., 2019. *A review of NAVDAT and VDES as upgrades of Maritime.* s.l.:CRS Press e-book.

Blakemore, 2020. *Why Titanic's first call for help wasn't an SOS signal.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.nationalgeographic.com/history/article/why-titanic-first-call-helpnot- [Πρόσβαση 17 Jan 2026].

Bureau, V., 2024. *Modernization of GMDSS – Entry into force on 1 January 2024 of amended SOLAS Chapter IV. Marine & Offshore.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://marine-offshore.bureauveritas.com/newsroom/modernization-gmdssentry- [Πρόσβαση 17 Jan 2026].

Captain Cornillou, J.-C., 2022. *GMDSS modernization. NAVDAT,* s.l.: IHO.

CHS, 2025. *Canada Hydrographic Service.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://charts.gc.ca/data-gestion/s-100/products-services-produits-eng.html [Πρόσβαση 16 Jan 2026].

Conin, I., 2017. *RDC Review/Status of IMO MSI Systems.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/AD1058184.pdf [Πρόσβαση 17 Jan 2026].

EfficienSea2, 2017. *Report on Future Digital Communications,* s.l.: IALA.

IHO, 2010. *Universal Hydrographic Data Model.* Monaco: IHO.

IHO, 2019. *IHO GEOSPATIAL STANDARD.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://iho.int/uploads/user/Inter-Regional%20Coordination/WWNWS/S-124PT/Working%20Documents/S124NW-

CG_2019_EN_Product_Specification_Draft_v2.0.0_2019.06.30.pdf [Πρόσβαση 17 Jan 2026].

IHO, 2024. *Issues considered regarding the introduction of NAVDAT service,* Monaco: IHO.

IHO, 2026. *IHO S-101 to S-199.* [Ηλεκτρονικό] Available at: https://iho.int/fr/iho-s-101-to-s-199 [Πρόσβαση 16 Jan 2026].

IHO, 2026. *S-100 Standards in Force.* [Ηλεκτρονικό] Available at: https://iho.int/en/s-100-standards-in-force-0 [Πρόσβαση Jan 16 2026].

Ilchev, M., 2020. *New aspects for modernization of the Global Maritime Distress and.* Durban, South Africa: Durban University of Technology,.

IMO, 1979. *SAR Resolution 6: Development of a global maritime distress and safety,* s.l.: IMO.

IMO, 1997. *Adoption of the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS).,* s.l.: IMO.

IMO, 1999. *GMDSS: Global Maritime Distress and Safety System Manual,* s.l.: IMO.

ITU, 2009. *Maritime communications: Modernization of the GMDSS,* s.l.: ITU R-WG.

ITU, 2019. *Report ITU-R M.2443-0. NAVDAT guidelines.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2443-2019-PDF-E.pdf [Πρόσβαση 17 Jan 2026].

Liu, Y., 2021. *Relationship between GMDSS modernization and e-navigation strategy.* Dalian: Maritime Safety & Environment Management Dissertations.

McGregor, M., 2014. *S10X. The Digital Maritime Boundary Product Specification under S-100..* Monaco: IHO.

Mignot, P., 2023. *NAVDAT Implementation,* s.l.: Cerema.

MSC, I., 2016. *Amendments to NAVTEX Manual.* [Ηλεκτρονικό] Available at: https://iho.int/mtg_docs/com_wg/CPRNW/WWNWS_Publications_&_Documents/English/MSC_Circ1403.pdf [Πρόσβαση 18 Jan 2026].

Murvali, E., 2011. *QAM and OFDM - An Analysis Of Their Noise And Multipath Immunity Through Simulation.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://imanagerpublications.com/assets/htmlfiles/JELE3(1)Sep-Nov20122035.html [Πρόσβαση 17 Jan 2026].

NAUTEL, 2024. *NAVTEX NAVDAT series.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://nautelnav.com/content/user_files/2024/09/NAV-Series-Brochure.pdf

[Πρόσβαση 17 Jan 2026].

NCSR, 2023. *DEVELOPMENT OF PERFORMANCE STANDARDS FOR A DIGITAL NAVIGATIONAL DATA SYSTEM (NAVDAT),* Monaco: IHO.

SeaandJob, 2025. *From S57 to S-100: Charting a smarter future for shipping.* [Ηλεκτρονικό] Available at: https://www.seaandjob.com/from-s57-to-s-100-charting-a-smarter-future-for-shipping/ [Πρόσβαση 10 Feb 2026].

Sulakshana, S., 2024. *GMDSS Modernization.* Turku: Thesis - Novia UAS.

Wang, S. & Yi, Z., 2021. *Development Outlook of China's Navigational Data (NAVDAT) Maritime Digital Broadcasting System.* s.l.:Springer.

Λυμπέρης, Γ. & Ταμπακάκης, Ε., 2017. *Επικοινωνίες ΙΙ.* Αθήνα: Ευγενίδειο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Ονομασία	Αρχικά (ITU)	Συχνότητα	Μήκος κύματος	Εφαρμογές
εξαιρετικά χαμηλή συχνότητα	ELF (extremely low frequency)	3–30 Hz	10.000–100.000 km	αντιληπτό ως ήχος αν μετατραπεί σε μηχανική ταλάντωση, τηλεπικοινωνίες υποβρυχίων
υπερχαμηλή συχνότητα	SLF (super low frequency)	30–300 Hz	1.000–10.000 km	αντιληπτό ως ήχος αν μετατραπεί σε μηχανική ταλάντωση, ηλεκτρικά δίκτυα διανομής (50–60 Hz)
κατ'εξοχήν χαμηλή συχνότητα	ULF (ultra low frequency)	300–3000 Hz	100–1.000 km	αντιληπτό ως ήχος αν μετατραπεί σε μηχανική ταλάντωση, τηλεπικοινωνίες στα ορυχεία
πολύ χαμηλή συχνότητα (υπερμακρά κύματα)	VLF (very low frequency)	3–30 kHz	10–100 km	αντιληπτό ως ήχος αν μετατραπεί σε μηχανική ταλάντωση (έως 20 kHz; υπέρηχος για μεγαλύτερες συχνότητες)
χαμηλή συχνότητα (μακρά κύματα)	LF (low frequency)	30–300 kHz	1–10 km	ραδιοφωνικές μεταδόσεις AM, ραδιοφάροι (NDB), ερασιτεχνικά walkie-talkie (μόνο ΗΠΑ)

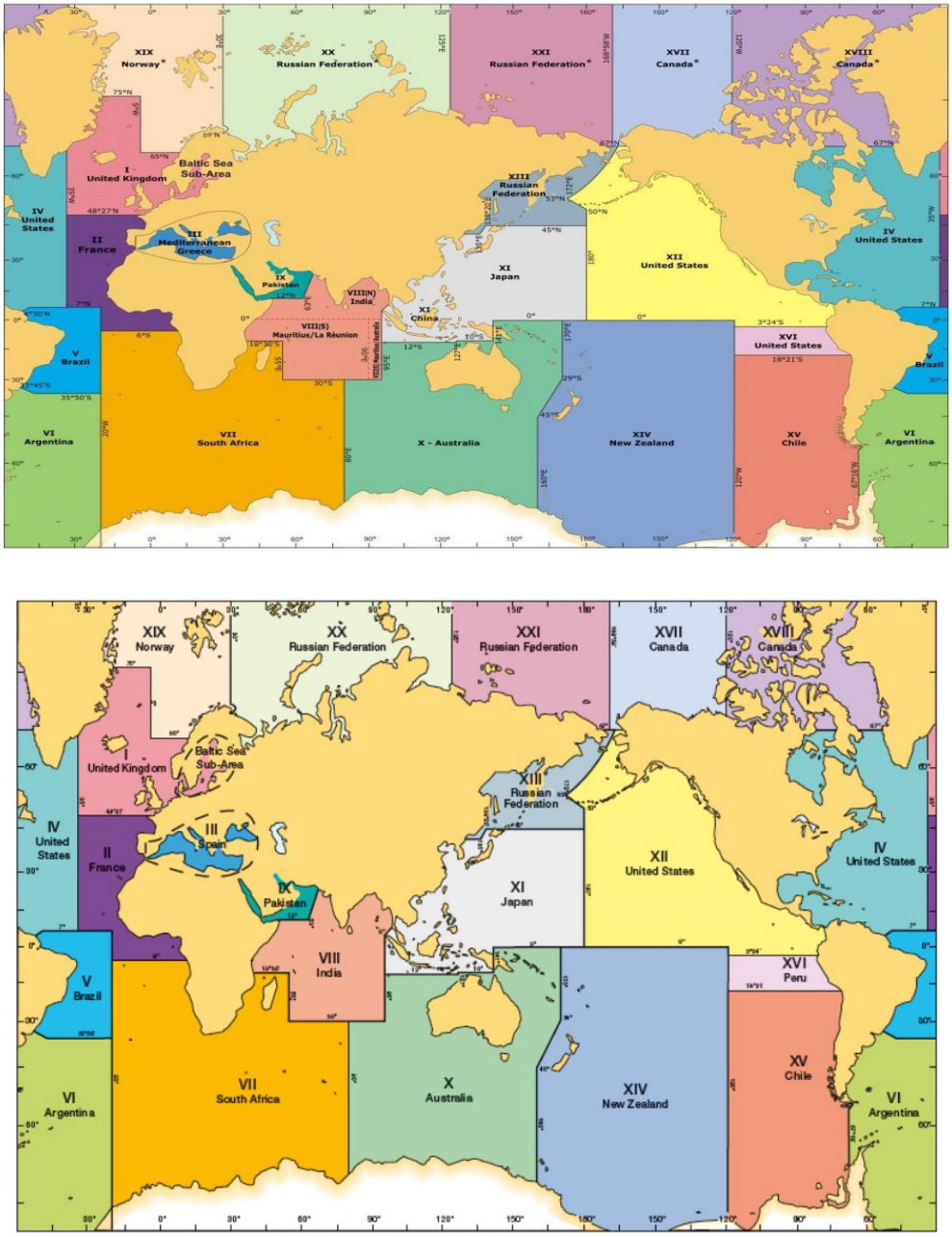
μέση συχνότητα (μεσαία κύματα)		MF (medium frequency)	300–3000 kHz	100–1000 m	ραδιοσυστήματα πλοήγησης (NDB), ραδιοφωνικές μεταδόσεις AM, τηλεπικοινωνίες σε ναυτιλία και αεροναυτιλία
υψηλή συχνότητα (βραχέα κύματα)		HF (high frequency)	3–30 MHz	10–100 m	βραχέα (ραδιόφωνο), ερασιτεχνικές ραδιοεκπομπές, walkie-talkie
Πολύ υψηλή συχνότητα (υπερβραχέα κύματα)		VHF (very high frequency)	30–300 MHz	1–10 m	ραδιοφωνικές μεταδόσεις FM, τηλεοπτικές εκπομπές, αεροναυτιλία, GPR
κατ'εξοχήν υψηλή συχνότητα	Μικροκύματα	UHF (ultra high frequency)	300–3000 MHz	10–100 cm	τηλεοπτικές εκπομπές, κινητή τηλεφωνία, ασύρματα τηλέφωνα, ασύρματα δίκτυα H/Y, αυτόματες κλειδαριές αυτοκινήτων, φούρνοι μικροκυμάτων, GPR
υπερυψηλή συχνότητα		SHF (super high frequency)	3–30 GHz	1–10 cm	ασύρματα δίκτυα, δορυφορικές συνδέσεις, δορυφορική τηλεόραση, πόρτες γκαράζ
εξαιρετικά υψηλή συχνότητα		EHF (extremely high frequency)	30–300 GHz	1–10 mm	ραδιοτηλεσκόπια, τηλεπισκόπηση (remote sensing), οπλικά συστήματα, ανιχνευτές/συστήματα ασφαλείας

Εικόνα 31 Ραδιοσυχνότητες[70]

[70] Πηγή IMO

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

NAVTEX AREAS



Εικόνα 32 NAVTEX Areas[71]

[71] Πηγή ΙΗΟ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ DATA RATE ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ[72]

Mode required	Modulation scheme	Protection level	Average code rate	Expect useful data rate (kbit/s)	SNR For BER 10^{-5}
A	4 QAM	0	0.5	6.4	14 dB
		1	0.75	9.6	14 dB
	16 QAM	0	0.5	13	16 dB
		1	0.75	19	18 dB
	64 QAM	0	0.5	19	22 dB
		1	0.62	23	22 dB
		2	0.75	29	24 dB
		3	0.78	30	26 dB
B (for reference only)	4 QAM	0	0.5	6	14 dB
		1	0.62	9.5	14 dB
	16 QAM	0	0.5	10	16 dB
		1	0.62	12.5	16 dB
	64 QAM	0	0.5	15	23 dB
		1	0.62	18	24 dB
		2	0.71	20	25 dB
		3	0.78	23	25 dB
C (given for information only)	4 QAM	0	0.5	5	16 dB
		1	0.62	6.5	16 dB
	16 QAM	0	0.5	7.8	20 dB
		1	0.62	9.8	20 dB
	64 QAM	0	0.5	12	26 dB
		1	0.62	14	26 dB
		2	0.71	16	26 dB
		3	0.78	18	26 dB

[72] Πηγή ΙΗΟ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΚΤΩΝ NAVDAT

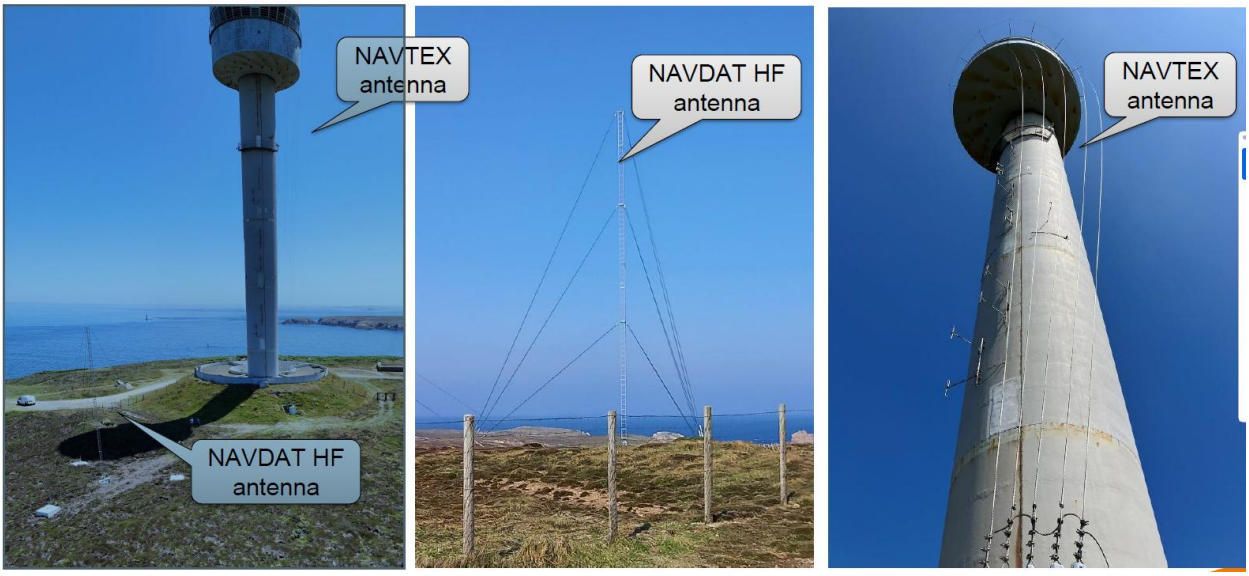
Received frequencies / band:	500 kHz
	479 to 526.5 kHz
	4200 kHz
	6340 kHz
	8500 kHz
	12660 kHz
	16900 kHz
	22500 kHz
Bandwidth:	max: 10 kHz (1, 3, 5 or 10 kHz)
Modulation type:	OFDM
Demodulation mode:	4 QAM, 16 QAM and 64 QAM
Forward Error Correction Codes:	0.5 / 0.62 / 0.75 / 0.78
Antenna input impedance:	50 Ω
Minimum sensitivity for BER 10^{-4}:	11 dBμV (3.6 μV)
Dynamic range:	for 500 kHz = 90 dB
	For HF frequencies = 85 dB
Adjacent channel selectivity:	At +/−10 kHz 25 dB
For BER 10^{-4}	At +/−20 kHz 35 dB
	At +/−30 kHz 45 dB
	At more than +/−30 kHz 50 dB
Blocking:	Wanted signal = 20 dBμV Unwanted signal = 90 dBμV
For BER 10^{-4}	Range +/−10 kHz to +/−100 kHz
Intermodulation:	Wanted signal = 20 dBμV
For BER 10^{-4}	Unwanted signal = 70 dBμV at normal conditions
	64 dBμV at extreme conditions
Co channel rejection:	≥ −6 dB
Spurious response rejection:	≥ 60 dB

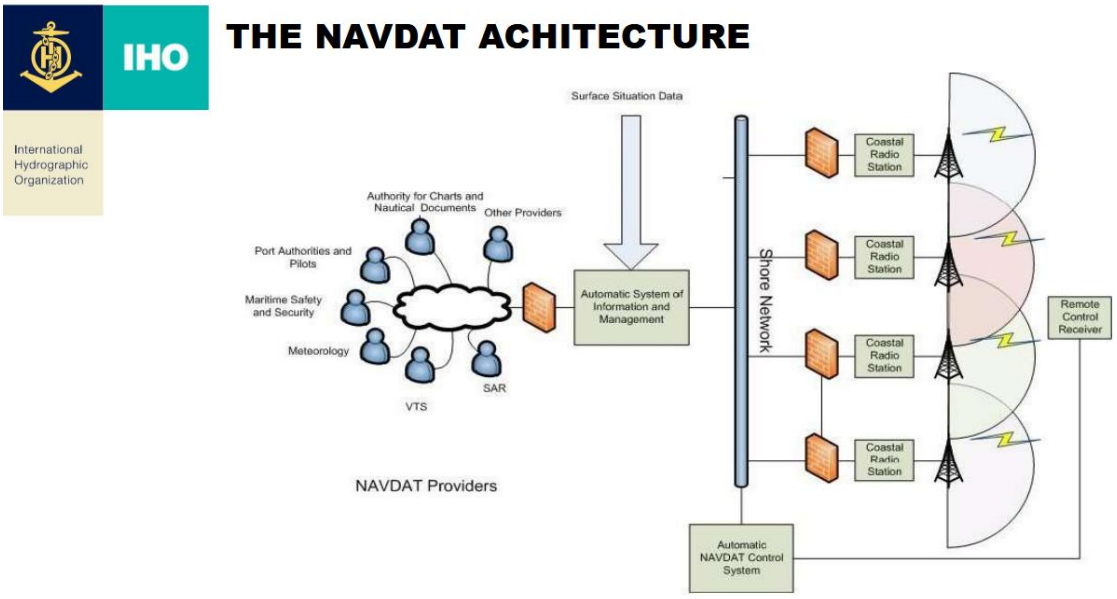
Εικόνα 34 NAVDAT[73]

[73] Πηγή ITU

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

ΕΙΚΟΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ NAVDAT





The NAVDAT system architecture is similar to the NAVTEX system architecture

Εικόνα 35 Αρχιτεκτονική NAVDAT[74]

[74] Πηγή: IHO

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ GMDSS ΤΟ 2030

Use Case	Application	Candidate technology									Comments
		NAVDAAT	VDES	DSC VHF / HF	digital VHF / HF	WI-Fi	4G	5G	GEO Sat	LEO Sat	
2 - Maritime Safety Information	No-Go area		X – P				X	X			Demanding application – requires high throughput in all areas.
4 - VTS 6 - Route Exchange	In both VTS and non VTS areas		X – P				X	X			Low data application, includes ship-ship. May be within 4G/5G coverage area.
2 - Maritime Safety Information	Navigation warning (i.e. ship wreck)	X - P	X - P		X	X	X	X	X	X	Majority of systems could support some aspects of MSI. Criticality, location and data packet size will dictate preferred approach.
2 - Maritime Safety Information	Weather Data	X	X - P						X		Potentially data intense application, but could vary.
1 - SAR Communications	Telemedicine		X		X		X - P	X - P	X - P		Potentially data intense, could require voice, video and images.
3 - Ship Reporting 7 - Logistics	Maritime Single Window Reporting		X - P			X - P	X - P	X - P	X	X	Initial information set could be quite large, updates smaller data packets.
6 - Route Exchange 7 - Logistics	Provision of Search Plan	X - P	X - P						X		Low data application.
7 - Logistics	Passenger Internet Access						X - P	X - P	X - P		Demanding data application, not critical to safety of operations.

Table 18: comparison of candidate technologies with sample use cases

X – candidate technology capable of addressing requirements

P – preferred candidate technology – with use dependant on area of operation

Εικόνα 36 digital services GMDSS 2030[75]

[75] Πηγή: IALA